

TALVIKELIEN ONNETTOMUUSRISKIT

TIE - JA VESIRAKENNUSHALLITUS
LIIKENNETOIMISTO
KUNNOSSAPITOTOIMISTO
INSINÖÖRITOIMISTO PENTTI POLVINEN KY

TVH 741822

HELSINKI 1985

08
TIE-



85 1316

TALVIKELIEN ONNETTOMUUSRISKIT

Tie- ja vesirakennushallitus
Liikennetoimisto
Kunnossapitotoimisto
Insinööritoimisto Pentti Polvinen Ky

Helsinki 1985

ISBN 951-46-7288-7

ALKUSANAT

Esillä olevassa tutkimuksessa käsitellään talvikelien ja liikenneonnettomuusriskin välisiä suhteita. Tutkimus perustuu talvikauden 1982-83 kelitutkimukseen ja samana aikana tietoon tulleisiin liikenneonnettomuuksiin. Aikaisemmin ei vastaavia kelitutkimuksia ole tehty joten nyt on ensimmäisen kerran ollut tilaisuus liittää onnettomuusaineisto ja ajosuoritteet eri keliolosuhteissa toisiinsa.

Tutkimustulokset osittain vahvistavat aikaisempia käsityksiä onnettomuusriskistä eri olosuhteissa ja osittain valaisevat uudella tavalla riskin kehittymistä kelin ja liukkaudentorjunnan mukaan.

Tutkimuksen on teettänyt tie- ja vesirakennushallitus konsulttinaan Insinööritoimisto Pentti Polvinen Ky. Tilaaajan puolelta ovat tutkimusta valvoneet dipl.ins. Matti Roine, dipl.ins. Arvo Pehkonen ja dipl.ins. Ulf Lindström.

SISÄLLYS

Alkusanat	i
Sisällys	ii
Yhteenveto	iii
Sammandrag	v
Summary	vii
 1. Lähtöaineisto ja riskiprofiilit	 1
1.1 Tutkimuksen lähtöaineisto	1
1.2 Onnettomuusriskit	1
1.21 Koko maan onnettomuusriskit	2
1.22 Onnettomuusriskit tiepiireittäin	4
1.3 Riskiprofiilit	7
1.31 Kelien riskiprofiilit	7
1.32 Liukkaudentorjunnan riskiprofiilit	7
1.33 Riskiprofiilit valoisuuden mukaan	8
 2. Onnettomuusriskit ja ajosuoritteet	 12
2.1 Onnettomuusriskin riippuvuus keli- ja liikennemäärätekijöistä	12
2.2 Liukkauden esiintymistiheys ja onnettomuusriski	13
 3. Tiepiirien ryhmittely	 16
 4. Johtopäätelmiä	 18
 Liitteet:	
1. Keliluokitus	20
2. Talvikelien onnettomuusriskit piireittäin ja tielajeittain, yleiset tilastot	21
3. Talvikelien onnettomuusriskit piireittäin valoisuuden mukaan	24
4. Profiilianalyysien tietokonetulostukset	27
5. Jääkelin onnettomuusriskin regressioanalyysien tulostukset ja lähtöarvot	31
6. Onnettomuusriski kelitilanteen muuttuessa	36
7. Ajosuoritteen prosenttijakautuma tielajeittain kelin ja liukkaudentorjunnan mukaan 1982-1983	37
8. Tiepiirien ryhmittely, tietokoneajon listaukset	39

YHTEENVETO

Talvikauden 1982-83 aikana tehtiin koko maassa keli- ja säähavaintoja sekä kirjattiin kunnossapitotoimet kahdella tieosalla jokaisessa tiemestaripiirissä eli yhteensä 344 tieosalla. Oheinen riskiselvitys perustuu näihin havaintoihin sekä niihin poliisin tietoon samana aikana tulleisiin liikenneonnettomuuksiin, jotka poliisi on ilmoittanut tienpitäjälle. Riskiselvityksessä käytetyt liikennemäärät on saatu tierekisteristä.

Kuivan kelin onnettomuusriski oli keskimäärin 0.26 onn/milj.ajokm. Märän ja lumisen kelin onnettomuusriskit olivat hyvin lähellä toisiaan, suuruudeltaan 2.3 ja 2.4 kertaa kuivan kelin riski. Suurin vaikutus riskiin oli jäisellä ja sohjokelillä.

Jäisen tienpinnan onnettomuusriski kuivaan keliin verrattuna kasvaa keskimäärin 14- 20- kertaiseksi ja suolatulla tienpinnalla riski on vielä 7-11- kertainen kuten alla olevasta taulukosta ilmenee.

Onnettomuusriski talvikautena 1982-83
suhteessa kuivan kelin riskiin.

Tielaji	Märkä	Lumi	Sohjo	Jää	Suolaus
Päättiet	2.3	2.8	12	20	11
Muut yl tiet	2.5	2.1	9.1	14	7.0

Päätteiden onnettomuusriski oli keskimäärin suurempi kuin muiden yleisten teiden riski kun vertailukohteena oli keli. Liukkaudentorjunnan (suolauksen ja hiekotuksen) mukaan lasketut päätteiden ja muiden yleisten teiden onnettomuusriskit eivät eronneet merkitsevästi toisistaan.

Suolaus pienentää onnettomuusriskiä keskimäärin 50%. Hiekotuksen vaikutus onnettomuusriskiä pienentävänä tekijänä ei ole merkitsevä vaikka sillä on merkityksensä liikenteen sujuvuuden turvaajana alempiluokkaisilla teillä.

Jääkelin onnettomuusriski riippuu jäisen kelin yleisyydestä. Riskiä verrattiin tutkimuksessa jääkelin ajosuoritteiden osuuteen koko ajosuoritteesta ja riippuvuussuhde oli ilmeinen. Onnettomuusriski kasvaa jääkelin ajosuoritteiden pienetessä ja riskin kasvu on hyvin jyrkkä kun jääkelin ajosuorite on vähemmän kuin 10% koko ajosuoritteesta. Tällainen tilanne on eteläisissä tiepiireissä.

Tutkimuksessa osoitetaan, että liukkaudentorjunnan seurauksena kokonaisriski saattaa joko pienetä tai kasvaa olosuhteista riippuen. Kokonaisriskin suuruuteen vaikuttavat jääkelin ajosuoritteiden osuus koko ajosuoritteesta, suolatun tien onnettomuusriski sekä suolatun kelin (suolasohjon) kesto aika. Tuloksella on tärkeä merkitys liukkaudentorjunnassa sillä se

antaa mahdollisuuden määritellä aikatavoitteet sen eri vaiheille. Tätä kautta lienee myös mahdollisuuksia liukkaudentorjunnan parempaan hallintaan yhdistämällä riskilaskelmien tulokset tiesääpalvelun avulla tapahtuvaan päätöksentekoon.

Tutkimusaineisto kattaa ainoastaan yhden talvikauden, joka oli normaalia leudompi. Sen takia kaikkia tutkimuksesta tehtyjä johtopäätöksiä ei voida yleistää. Tutkimus kaipaa tuekseen riittävän pitkäaikaisen ja laajan seurantatutkimuksen, johon onkin ryhdytty talvikautena 1984-85 tapahtuvalla keli-seurannalla.

SAMMANDRAG

Under vintern 1982-83 gjordes observationer av väglaget och väderleken i hela landet och underhållsåtgärderna registrerades på två vägavsnitt i vart och ett vägmästdistrikt, dvs. på sammanlagt 344 vägavsnitt. Utredningen om riskerna nedan baserar sig på dessa observationer samt på de trafikolyckor som under samma tid anmälts för polisen och som polisen anmält för väghållaren. Trafikflödena som använts i utredningen har erhållits från vägatabanken.

Olycksrisken vid torrt väglag var i genomsnitt 0.26 olyckor/milj.ford.km. Olycksriskerna vid vått och snöigt väglag var mycket lika, 2.3 och 2.4 gånger så stora som vid torrt väglag. Isigt och sörjigt väglag påverkade risken mest.

Olycksrisken på isigt vägyta ökar i genomsnitt till det 14-20-faldiga jämfört med torrt väglag och på saltad vägyta är risken ännu 7-11-faldig vilket framgår av tabellen nedan.

Olycksrisken under vintern 1982-83 i förhållande till risken vid torrt väglag.

Vägtyp	Våt	Snö	Sörja	Is	Saltning
Huvudvägar	2.3	2.8	12	20	11
övr. allm. vägar	2.5	2.1	9.1	14	7.0

Olycksrisken var i genomsnitt större på huvudvägarna än på de övriga allmänna vägarna då jämförelsegrunden utgjordes av väglaget. Då halkbekämpningsåtgärden (saltning och sandning) användes som beräkningsgrund kunde inga märkbara skillnader observeras i olycksriskerna på huvudvägarna och de övriga allmänna vägarna.

Saltningen minskar olycksrisken med i genomsnitt 50%. Sandningen har ingen väsentlig betydelse för minskningen av olycksrisken fastän den bidrar till att göra trafiken smidigare på vägar av lägre klass.

Olycksrisken vid isigt väglag är beroende av hur allmänt det isiga väglaget är. Risken jämfördes i undersökningen med trafikarbetets andel vid isigt väglag av hela trafikarbetet och ett tydligt beroendeförhållande kunde noteras. Olycksrisken ökar då trafikarbetet vid isigt väglag minskar och risken ökar mycket skarpt då trafikarbetet vid isigt väglag är mindre än 10% av hela trafikarbetet. Situationen är sådan i de sydliga vägdistrikten.

Undersökningen visar att till följd av halkbekämpningen kan totalrisken antingen minska eller öka beroende på omständigheterna. Trafikarbetets andel vid isigt väglag av hela trafikarbetet, olycksrisken på saltad väg samt varaktigheten av saltat väglag (saltsörja) inverkar på totalriskens storlek. Resultatet har stor betydelse för halkbekämpningen emedan man

med stöd av resultaten kan fastställa tidpunkterna för olika halkbekämpningsåtgärder. Sålunda torde man också kunna förbättra kontrollen av halkbekämpningen genom att sammanslå resultaten av riskberäkningarna med beslutsfattandet som sker med stöd av vägväderlekstjänsten.

Undersökningsmaterialet omfattar endast en vinter, som var mildre än normalt. Av denna anledning går det inte att generalisera alla de slutsatser som dragits av utredningen. Undersökningen kräver en långvarig och omfattande uppföljning som redan inletts under vintern 1984-85 med observationer av väglaget.

SUMMARY

In the winter of 1982-83 observations were made in the whole country of the road conditions and the weather, and the maintenance measures were registered on two road sections in each maintenance area, i.e. on 344 road sections in all. The study of the accident risks below was made by means of these observations as well as those traffic accidents that were reported to the police at the same time and which the police reported to the road authorities. The traffic volumes that were used in the study were obtained from the road data bank.

The accident risk under dry road conditions was on average 0.26 acc./mill.veh.km. The accident risks under wet and snowy conditions were very similar, 2.3 and 2.4 times as great as under dry conditions. Icy and slushy conditions had the greatest effect on the risk.

The accident risk on an icy road surface increases on average to the 14-20-fold compared with dry road conditions and the risk is still 7-11-fold on a salted road surface as is indicated in the table below.

The accident risk in the winter of 1982-83 in relation to the risk under dry road conditions

Type of road	Wet	Snow	Slush	Ice	Salted
Main roads	2.3	2.8	12	20	11
Other publ. roads	2.5	2.1	9.1	14	7.0

On average the accident risk was greater on the main roads than on the other public roads when the condition of the roads concerned was compared. When the accident risk was estimated on the basis of the anti-skid treatment, i.e. salting and sanding, no significant differences could be noted between the main roads and the other public roads.

Salting diminishes the accident risk by 50% on average. Sanding does not reduce the accident risk significantly although it helps to make traffic smooth on lower-class roads.

The accident risk under icy conditions is dependent on the frequency of the icy conditions. In the study the risk was compared with the share of the vehicle kilometers under icy conditions of the overall vehicle kilometers and an obvious correlation was noted. The accident risk grows as the vehicle kilometers under icy conditions decrease and there is a very sharp increase in the risk as the vehicle kilometers under icy conditions are less than 10% of the total. This is the situation in the southern maintenance area.

The study indicates that due to the anti-skid treatment the overall risk may either decrease or increase depending on the circumstances. The size of the overall risk is affected by the share of the vehicle kilometers under icy conditions of

the overall vehicle kilometers, the accident risk on a salted road, as well as the duration of salted conditions, i.e. salt + slush. This result is significant for the anti-skid treatment because the results make it possible to determine the points of time for the various anti-skid treatments. By this means it will probably be possible to improve the control of the anti-skid treatment by combining the results of the risk calculations and the decisions that are made by means of the road weather service.

The material of this study comprises only one winter that was milder than normal. This is why it is not possible to generalize all the conclusions drawn from the study. The study requires a long-term follow-up on a large scale which was already started in the winter of 1984-85 by observations of the road conditions.

1. LÄHTÖAINEISTO JA RISKIPROFIILIT

1.1 Tutkimuksen lähtöaineisto

Tutkimuksessa on käytetty kahta talvikaudelta 1982-83 hankittua aineistoa. Toinen, onnettomuustiedot on peräisin tie- ja vesirakennushallituksen onnettomuusrekisteristä, joka käsittelee poliisin tienpitäjälle ilmoittamat liikenneonnettomuudet. Toisena lähtöaineistona on ollut kunnossapidon laatutasotutkimus, (osaraportti "Kunnossapito ja liikennesuoritteet eri olosuhteissa", TVH 743819) joka sisältää tiedot liikennesuoritteista ja kunnossapitotoimista erilaisissa keli- ja sääolosuhteissa. Tutkimus kattaa ajan marraskuusta 1982 maaliskuuhun 1983 eli viisi kuukautta.

Tutkimuksessa käytetty keliluokitus on saatu sovittamalla yhteen lähtöaineistojen keliluokitukset. Keliluokitus ja kunnossapitotoimien luokitus ovat liitteessä 1.

Liitteen 1 luokituksista todettakoon seuraavaa:

- kelin kestoajkoja laskettaessa on suolauksen vaikutusaika otaksuttu keskimäärin 3.4 tunniksi ja hiekotuksen vaikutusaika 4.6 tunniksi. Ajat ovat tutkimuksesta 1/1 saatuja ja sen tulostuksessa käytettyjä lukuarvoja.
- jäiseen keliin lasketaan kuuluvaksi liukkaudeltaan eriasteisia tienpintoja. Siirryttäessä rannikolta sisämaahan lämpötilat laskevat ja jäisen kelin keskimääräinen liukkaus todennäköisesti vähenee.

1.2 Onnettomuusriskit

Taulukoimalla onnettomuudet ja liikennesuoritteet samojen keliluokkien ja kunnossapitoluokkien mukaan sekä jakamalla ne keskenään on saatu onnettomuusriskit (onn/ajokilometrit) erilaisissa olosuhteissa.

Tutkimuksen ensivaiheessa taulukoitiin pääteiden ja muitten yleisten teiden onnettomuusriskit tiepiireittäin kelin, liukaudentorjunnan ja kuukauden mukaan. Aineistoon sovellettu varianssianalyysi osoitti että kuukausi ei ollut tilastollisesti merkitsevä tekijä missään käsitellyistä tapauksista. Tämän vuoksi päätettiin käsitellä koko talven aineistoa kuukaudet toisiinsa yhdistettynä. Koska tutkimuksen alkamis- ja päättymisaika vaihteli piireittäin lokakuun 1982 ja huhtikuun 1983 aikana nämä kuukaudet karsittiin jatkokäsittelystä niin että aineisto käsitti täydet kuukaudet marraskuusta maaliskuuhun. Kuopion ja Lapin tiepiirien aineistosta puuttuu joulukuu.

Jäljempänä on tarkasteltu ensin koko maan keskimääräisiä onnettomuusriskejä, jotka on saatu jakamalla koko maan onnettomuuslukumäärät vastaavilla koko maan ajosuoritteilla. Tämän jälkeen on tarkasteltu piirikohtaisia onnettomuusriskejä, joita käyttäen on tehty riskien profiilianalyysit. Profiilianalyysissä lasketut koko maan riskikeskiarvot poikkeavat tarkastelun ensimmäisessä osassa lasketuista lukuarvoista siitä johtuen että piirikohtaisia riskejä ei ole painotettu

ajosuuritteen mukaan.

1.21 Koko maan onnettomuusriskit

Taulukossa 1 ovat koko maan onnettomuus- ja ajosuoritesummista lasketut keskimääräiset onnettomuusriskit keleittäin ja taulukossa 2 liukkaudentorjunnan mukaan. Taulukoiden alimmalla rivillä ovat suhteelliset riskit pienimmän riskin ollessa yksi.

Riskikeskiarvot voidaan laskea yhdistetystä koko maan aineistosta tai tiepiirien riskikeskiarvoista. Alla on laskettu keskiarvot ensin mainitulla tavalla mutta myöhemmissä tilastoanalyysissä on käytetty jälkimmäisellä tavalla laskettuja lukuarvoja, jotka painottavat harvinaisten lukujen merkitystä.

Tarkasteltaessa taulukoiden 1 ja 2 esittämiä koko maan keskiarvoja ei pääteiden ja muiden yleisten teiden onnettomuusriskien välillä ole kovin suuria eroja. Suhteessa kuivan kelin riskiin erot ovat huomattavia, jääkelin riski on liki 12-kertainen ja sohjoisen kelin riski 7.4-kertainen kuivan kelin riskiin nähden. Suolaus pienentää jäisen kelin riskiä 42% mutta hiekotus ainoastaan 17% (yhdistetty koko maan aineisto) Sarake "ei torj" sisältää kelejä, joilla liukkauden torjunta olisi ollut käytettyjen kelimääritelmien perusteella mahdollinen ja kelejä joilla se olisi ollut tarpeen mutta sitä ei oltu tehty.

Taulukko 1

Keskimääräiset onnettomuusriskit pääteillä ja muilla yleisillä teillä koko maassa marraskuun 1982 ja maaliskuun 1983 välisenä aikana kelin ja tielajin mukaan (onn/milj.ajokm).

Tielaji	Kuiva	Märkä	Keli Lumin	Sohjo	Jäinen
Päätiet	0.265	0.575	0.577	2.066	3.456
Muut yl tiet	0.306	0.676	0.525	2.090	3.259
Koko maa	0.282	0.621	0.544	2.077	3.345
Suht. riski	1.0	2.2	1.9	7.4	11.9

Taulukko 2

Keskimääräiset onnettomuusriskit pääteillä ja muilla yleisillä teillä koko maassa marraskuun 1982 ja maaliskuun 1983 välisenä aikana liukkauden torjunnan ja tielajin mukaan (onn/milj.ajokm).

Tielaji	Liukkauden torjunta			
	Suolaus	Hiekot	Ei torj	Ei tarp
Päätiet	1.909	2.494	1.671	0.440
Muut yl tiet	2.009	2.924	1.374	0.536
Koko maa	1.936	2.778	1.491	0.481
Suht. riski	4.0	5.8	3.1	1.0

Seuraavissa taulukoissa 3 ja 4 ovat koko maan onnettomuus- ja ajosuoritesummista lasketut onnettomuusriskit valoisuuden ja kelin sekä valoisuuden ja liukkaudentorjunnan mukaan.

Hämärän ajan riski on valoisan ja pimeän riskiä pienempi lukuunottamatta märkää keliä (taulukko 3). Valoisan ajan riski on suurin, mutta märällä kelillä se jää muita pienemmäksi.

Kelin mukaan lasketut riskit ovat valoисalla 1.2- 1.7-kertaisia pimeän ajan riskiin verrattuna. Liukkaudentorjunnan mukaan tarkasteltuna suhde valoisan ja pimeän ajan riskin välillä on 1.0- 1.5 lukuunottamatta hiekotettua keliä, jolloin suhde on 2.5. Hiekotetun kelin aineisto on suhteellisen pieni joten suhdelukukin on epävarmempi kuin muut suhdeluvut. Sama koskee suolauksen ja hiekotuksen hämärän ajan aineistoa. Näiden osalle lankesi ainoastaan 18 ja 19 onnettomuutta kun pienin seuraava, pimeän ajan hiekotetun kelin onnettomuusluku oli 48.

Taulukko 3

Keskimääräiset onnettomuusriskit kaikilla yleisillä teillä koko maassa valoisuuden ja kelin mukaan 1.11.1982-31.3.1983 (onn/milj.ajokm)

Valoisuus	Kuiva	Märkä	Keli		
			Lumin	Sohjo	Jäinen
Valoisa	0.316	0.554	0.672	3.015	4.429
Hämärä	0.206	0.722	0.391	1.268	2.549
Pimeä	0.273	0.644	0.514	1.731	2.842

Taulukko 4

Keskimääräiset onnettomuusriskit kaikilla yleisillä teillä koko maassa valoisuuden ja liukkauden torjunnan mukaan 1.11.1982- 31.3.1983 (onn/milj.ajokm).

Valoisuus	Liukkauden torjunta			
	Suolaus	Hiekot	Muu	Ei tarp
Valoisa	2.585	4.763	2.005	0.494
Hämärä	0.840	1.309	1.047	0.455
Pimeä	2.035	1.915	1.301	0.478

Hämärän ja pimeän kelin riskien laskettu pienuus kaivannee vielä lisätarkasteluja koska pimeän kelin riskit on aikaisemmin havaittu ja mielletty valoisan kelin riskejä suuremmiksi tämän tutkimuksen antaessa päinvastaisia tuloksia.

TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
Käyttöosasto/liikennetoimisto

Helsinki 20.12.1985

Nro 0/K1- 203

Viite

Jakelussa mainitut

Asia Talvikeliä onnettomuusriskit

Tie- ja vesirakennushallitus lähettää oheisena tiedoksi julkaisun "Talvikeliä onnettomuusriskit" (TVH 741822), joka perustuu talvikauden 1982-83 kelitutkimukseen ja saman ajan onnettomuuksiin. TVH on käynnistänyt vastaavan selvityksen myös talvikauden 1984-85 osalta.

Julkaisu on vahvistettuun hintaan tilattavissa kirjallisesti TVH:n lomakevarastosta (os. PL 33 00521 HELSINKI). Lisätietoja julkaisun sisällöstä antaa TVH:n liikennetoimistossa toimistoinsinööri Mikko Ojajärvi ja kunnossapitotoimistossa vt yli-insinööri Arvo Pehkonen.

Selvityksen mukaan jäisen tienpinnan onnettomuusriski on kuivaan keliin verrattuna pääteillä 20-kertainen. Riskin suuruuteen alueellisesti vaikuttaa voimakkaasti liukkaan kelin ajosuoritteiden osuus koko ajosuoritteesta.

Toimiston päällikön po.
Toimistoinsinööri

Mikko Ojajärvi
Mikko Ojajärvi

LIITTEENÄ

Julkaisu "Talvikeliä onnettomuus-
riskit" (TVH 741822)

JAKELU

Tie- ja vesirakennuspiirit

TVH:n kirjasto

Statens Vägverkin, Trafiksäkerhetsverkin ja

Väg- och trafikinstitutin kirjastot/Ruotsi

Vegdirektoratet:in kirjasto/Oslo

Teknillisen Korkeakoulun kirjasto

Helsingin yliopiston kirjasto

Tampereen Teknillisen Korkeakoulun kirjasto

Oulun yliopiston kirjasto

Valtion Teknillisen Tutkimuskeskuksen kirjasto

TIEDOKSI

K, Kh, Kk, Kl, Kp

MO/AL

TVH 778203
A4 70000 9.81
128102037S-27/10777/ads

POSTIOSOITE
PL 33
00521 HELSINKI 52

OSOITE
Opastinsilta 12

PUHELIN
(90) 1541

Tämän tutkimuksen valoisuus on laskettu alueittain auringon nousu- ja laskuaikojen perusteella. Hämärä aika on määritetty ns. siviilihämäränä. Onnettomuusrekisterissä ilmoitettu valoisuus sensijaan perustuu havaintoon ja se saattaa poiketa vuorokauden aikaan perustuvasta laskennallisesta valoisuuden määrittämisestä.

Riskien keskinäistä suhdetta saattaa selittää talvisen pimeän ajan turvallisuus valoisaan aikaan verrattuna silloin kun maasto ja tienpinta ovat lumen peitossa ja esimerkiksi vastaan tulevan liikenteen samoinkuin kevyen liikenteen havaitseminen on helppoa.

1.22 Onnettomuusriskit tiepiireittäin.

Piirikohtaiset riskit ovat taulukoissa 5 ja 6. Ne eroavat toisistaan tuntuvasti. Uudenmaan jäisen kelin riski oli päätteillä 42-kertainen kuivan kelin riskiin verrattuna kun taas Oulun ja Lapin piireissä suhdeluku oli 14-15. Kuvissa 1 ja 2 on esitetty koko maan onnettomuusriskit eri keli- ja liukkaudentorjunnan olosuhteissa laskettuina piirikohtaisten riskien keskiarvoina. Nämä keskiarvot ovat yleensä suurempia kuin edellä taulukoissa 1 ja 2 esitetyt, yhdistetystä koko maan aineistosta lasketut riskien keskiarvot. Kuvissa 3 ja 4 ovat kaikkien yleisten teiden piirikohtaisten onnettomuusriskien keskiarvot valoisuuden ja kelin sekä valoisuuden ja liukkaudentorjunnan mukaan.

Taulukko 5

Onnettomuusriskit tiepiireittäin päätteillä 1.11.1982-31.3.1983 kelin mukaan (onn/milj. ajokm).

	Kuiva	Märkä	Lumin	Sohjo	Jäinen
Uusimaa	0.257	0.454	0.733	1.547	10.956
Turku	0.349	0.668	0.546	1.721	6.937
Häme	0.323	0.586	0.511	1.974	8.962
Kymi	0.239	0.737	0.816	1.893	5.308
Mikkeli	0.139	0.560	0.700	2.022	6.610
P-Karjala	0.432	0.472	0.269	3.515	1.509
Kuopio	0.185	0.432	1.171	2.770	3.127
K-Suomi	0.338	0.482	1.446	2.324	1.543
Vaasa	0.218	0.719	0.472	1.471	4.872
K-Pohjanm	0.336	0.699	0.499	3.583	7.560
Oulu	0.154	0.773	0.343	2.737	2.361
Kainuu	0.000	0.197	0.435	6.125	1.442
Lappi	0.146	0.526	0.431	1.817	2.005
Koko maa	0.244	0.569	0.685	2.826	4.981

Taulukko 6

Onnettomuusriskit tiepiireittäin muilla yleisillä teillä 1.11.1982- 31.3.1983 välisenä aikana kelin mukaan (onn/milj. ajokm).

	Kuiva	Märkä	Lumin	Sohjo	Jäinen
Uusimaa	0.323	0.846	1.110	2.467	6.472
Turku	0.444	0.790	0.755	1.639	3.066
Häme	0.208	0.514	0.539	1.728	5.559
Kymi	0.241	0.839	0.518	2.906	3.907
Mikkeli	0.221	0.942	0.517	2.390	3.279
P-Karjala	0.375	0.531	0.415	2.270	1.959
Kuopio	0.355	0.575	0.449	2.773	1.900
K-Suomi	0.349	0.585	1.190	2.314	2.801
Vaasa	0.262	0.400	0.531	1.338	4.461
K-Pohjanm	0.120	0.491	0.376	2.377	2.452
Oulu	0.133	0.250	0.306	2.318	2.845
Kainuu	0.178	0.850	0.240	2.309	1.927
Lappi	0.298	0.317	0.303	0.000	2.339
Koko maa	0.274	0.610	0.574	2.271	3.415

Seuraavissa taulukoissa ovat onnettomuusriskit liukkaudentorjunnan mukaan. Sarake "Ei tarp" sisältää tapaukset joissa liukkaudentorjunta on kelimääritelmän perusteella selvästi tarpeeton. Sarakkeessa "Ei torj" ovat muut tapaukset.

Taulukko 7

Onnettomuusriskit pääteillä 1.11.1982- 31.3.1983 välisenä aikana liukkauden torjunnan mukaan (onn/milj. ajokm).

	Suolaus	Hiekot	Ei torj	Ei tarp
Uusimaa	1.340	0.786	3.104	0.355
Turku	1.920	0.000	2.971	0.500
Häme	1.939	3.092	2.691	0.473
Kymi	1.610	0.767	2.097	0.466
Mikkeli	2.371	3.979	2.370	0.343
P-Karjala	3.817	2.274	1.026	0.743
Kuopio	0.797	6.579	2.183	0.397
K-Suomi	2.781	4.224	1.421	0.504
Vaasa	1.529	4.392	1.998	0.453
K-Pohjanm	3.421	13.737	1.142	0.597
Oulu	4.933	1.562	1.367	0.486
Kainuu	1.855	2.609	0.966	0.517
Lappi	3.268	2.116	0.767	0.261
Koko maa	3.275	3.588	1.929	0.477

Taulukko 8

Onnettomuusriskit muilla yleisillä teillä 1.11.1982- 31.3.1
välisenä aikana liukkauden torjunnan mukaan (onn/milj.ajokm)

	Suolaus	Hiekot	Muu	Ei tarp
Uusimaa	2.338	3.740	2.882	0.596
Turku	3.780	2.413	1.821	0.609
Häme	1.139	3.870	2.220	0.394
Kymi	2.700	3.785	1.277	0.667
Mikkeli	3.717	1.808	1.307	0.718
P-Karjala	2.924	4.398	1.026	0.736
Kuopio	1.235	1.933	0.924	0.707
K-Suomi	0.506	2.623	1.745	0.575
Vaasa	0.319	2.568	1.984	0.368
K-Pohjanm	-	2.761	1.021	0.370
Oulu	0.000	2.445	1.108	0.318
Kainuu	-	1.743	0.660	0.720
Lappi	0.000	5.083	0.517	0.245
Koko maa	1.808	3.148	1.460	0.562

Riskit suhteessa kuivan kelin riskiin ovat alla tiepiireit-
tään

Taulukko 9

Pääteiden onnettomuusriskit suhteessa kuivan kelin onnetto-
muusriskiin kelin ja liukkauden torjunnan mukaan 1.11.1982-
31.3.1983 välisenä aikana

	Märkä	Lumin	Keli		Suol	Hiekot
			Sohjo	Jäinen		
Uusimaa	1.8	2.9	6.0	43	5.2	3.1
Turku	1.9	1.6	4.9	20	5.5	-
Häme	1.8	1.6	6.1	28	6.0	9.6
Kymi	3.1	3.4	7.9	22	6.7	3.2
Mikkeli	4.0	5.0	15	48	17	29
P-Karjala	1.1	0.6	8.1	3.5	8.8	4.8
Kuopio	2.3	6.3	15	17	4.3	36
K-Suomi	1.4	4.3	6.9	4.6	8.2	8.8
Vaasa	3.3	2.2	6.7	22	7.0	20
K-Pohjanm	2.1	1.5	11	23	10	41
Oulu	5.0	2.2	18	15	32	10
Kainuu	1.0	2.2	31	7.3	-	-
Lappi	3.6	3.0	12	14	22	14
Koko maa	2.2	2.2	7.8	13	11	9.6

Taulukko 10

Muiden yleisten teiden onnettomuusriskit suhteessa kuivan kelin riskiin kelin ja liukkaudentorjunnan mukaan 1.11.1982-31.3.83 välisenä aikana

	Märkä	Keli Lumin	Sohjo	Jäinen	Suol	Hiekot
Uusimaa	2.6	3.4	7.6	20	7.2	12
Turku	1.8	1.7	3.7	6.9	8.5	5.4
Häme	2.5	2.6	8.3	27	5.5	19
Kymi	3.5	2.1	12	16	11	16
Mikkeli	4.3	2.3	11	15	17	1.9
P-Karjala	1.4	1.1	6.1	5.2	7.8	12
Kuopio	1.6	1.3	7.8	5.4	3.5	5.4
K-Suomi	1.7	3.4	6.6	8.0	1.4	7.5
Vaasa	1.5	2.0	5.1	17	1.2	9.8
K-Pohjanm	4.1	3.1	20	20	63	23
Oulu	1.9	2.3	17	21	-	18
Kainuu	4.8	1.3	13	11	-	9.8
Lappi	1.1	1.0	-	7.8	-	17
Koko maa	2.2	1.7	6.8	12	7.0	9.4

Taulukoiden riskilukuja tarkasteltaessa todetaan suolatun ja hiekotetun tien riskin olevan monessa tapauksessa jääkelin riskiä suuremman. Tämä voi johtua havaintojen vähyydestä tai suolakelin kohdalla siitä, että kelimääritelmän mukaan suolakelin kesto rajoittuu välittömästi suolausta seuranneeseen 3-4 tunnin mittaiseen suolasohjoiseen kauteen.

1.3 Riskiprofiilit

Onnettomuusriskin kuvaajien samankaltaisuutta sekä erotuksia toisaalta tielajien ja toisaalta kelien välillä tutkittiin ns. profiilianalyysillä. Analyysissä tutkitaan ensin riskiprofiilien samankaltaisuutta ja profiilien ollessa riittävän samankaltaiset tutkitaan riskien erotuksien merkitsevyys luokittelun eri tekijöiden suhteen /2/. Tielajien ja kelien riskiprofiilit on esitetty kuvassa 1. Profiilianalyysin tietokonetulostus on liitteessä 3.

Riskiprofiilien samankaltaisuudesta riippumatta on määritetty erikseen riskierojen merkitsevyys keleittäin ja liukkaudentorjunnan lajeittain. Tämä on tehty varianssianalyysillä.

1.31 Kelien riskiprofiilit

Tulos osoitti lievää yhdysvaikutusta onnettomuusriskin kuvaajien välillä, joka merkitsee että niitä voidaan vielä pitää jossainmäärin samankaltaisina (merkitsevyys 11.6% > 5%). Pääteiden ja muiden yleisten teiden onnettomuusriskit eroavat

keskimäärin ottaen merkitsevästi toisistaan (merkitsevyys 1.8%), samoin keliluokkien onnettomuusriskit (merkitsevyys <.005).

Tutkittaessa tielajien riskierotuksia keeleittäin todettiin ainoa merkitsevä erotus jääkelin riskissä merkitsevyys ollessa 0.1%

Märän ja lumikelin välillä ei ole merkitsevää onnettomuusriskin eroa.

1.32 Liukkaudentorjunnan riskiprofiilit.

Liukkaudentorjunnan vaikutus onnettomuusriskiin näkyy kuvasta 2. Liukkaudentorjunnan pääajit ovat suolaus ja hiekotus (hiekotus ja suolahiekotus). Luokkiin "ei tarpeen" ja "ei torj" kuuluvat kelit on lueteltu liitteessä 1.

Pääteiden ja muiden yleisten teiden profiilien välillä on tässä tapauksessa tilastollisesti merkitsevä yhdysvaikutus tasolla 4.7%. Riskiprofiilit poikkeavat toisistaan mutta eivät kovin voimakkaasti. Tielajien riskit eivät poikkea merkitsevästi toisistaan, sen sijaan liukkaudentorjunnan lajien välillä on merkitseviä riskieroja.

Suolatun päätien onnettomuusriski on 2.5 eli puolet jäisen päätien onnettomuusriskistä. Muilla yleisillä teillä suolaus pienentää onnettomuusriskiä suhteellisesti hiukan vähemmän. Hiekotuksen vaikutus onnettomuusriskiin on vähäinen ottaen huomioon sen että se keskittyy muille yleisille teille pääteiden hiekotuksen ollessa verraten vähäistä.

Suolatun tien onnettomuusriski on suurempi kuin kuivan tai märän tien onnettomuusriski. Tämä johtuu siitä että määrityksen "suolattu tie" piiriin kuuluvat kelit juuri suolatusta jäisestä tienpinnasta "suolasohjoiseen" tienpintaan ja "suolattu tie" on siten ominaisuuksiltaan useimmiten lähempänä jäistä tietä kuin kuivaa tai märkää tietä. Tutkimuksessa /1/ on todettu suolatun kelin ominaisuuksien säilyvän tiellä keskimäärin 3-4 tuntia suolauksen jälkeen.

1.33 Riskiprofiilit valoisuuden mukaan.

Seuraavassa kuvassa 3 on esitetty keskimääräinen onnettomuusriski koko maassa valoisuuden ja kelin mukaan. Valoisan kelin riski on suurin muissa paitsi märän kelin olosuhteissa, jolloin hämärän kelin riski on suurin ja pimeän sitä seuraava. Riskit taulukoituna piireittäin ovat liitteessä 3.

Onnettomuusriskin profiilianalyysi antaa tulokseksi merkitsevän yhdysvaikutuksen kolmen riskiprofiilin välille, toisin sanoen ne eroavat muodoltaan merkitsevästi toisistaan. Erot ovat merkitseviä muiden paitsi sohjo- ja jääkelin välillä, joiden profiileja voidaan pitää samansuuntaisina.

Valoisuuden ja kelin mukaan lasketuista riskieroista todettiin merkitseviksi erot valoisan ja muiden sohjokelien välillä sekä erot valoisan ja muiden jääkelien välillä. Toisin

sanoen kuivan, märän ja lumikelin riskit ovat tilastollisesti yhtäsuuria, samoin sohjo- ja jääkelin riskit pimeällä ja hämärässä.

Erotukset kelilajien riskien välillä ovat merkitseviä lu-
kuunottamatta märän ja lumikelin välistä riskieroa.

Lopuksi tarkasteltiin onnettomuusriskejä valoisuuden ja liuk-
kaudentorjunnan mukaan (kuva 4). Profiilianalyysin tulos on
sama kuin edellä: Riskiprofiilien välillä on merkitsevä
yhdysvaikutus. Varianssianalyysi antaa tulokseksi merkitsevän
erotuksen sekä valoisuuden että liukkaudentorjunnan lajin
suunnissa.

Suolatun kelin hämärän riski eroaa merkitsevästi valoisan ja
pimeän riskistä. Valoisan ja pimeän riskien välillä ei ole
merkitsevää eroa.

Hiekotetun kelin hämärän ja pimeän riskit ovat tilastollises-
ti yhtäsuuria. Valoisan riski eroaa niistä merkitsevästi.

Tapauksessa "Ei torjuntaa" hämärän riski eroaa merkitsevästi
valoisan ja pimeän riskistä. Viimemainittujen välisen
erotuksen merkitsevyys on tasolla 4.8%.

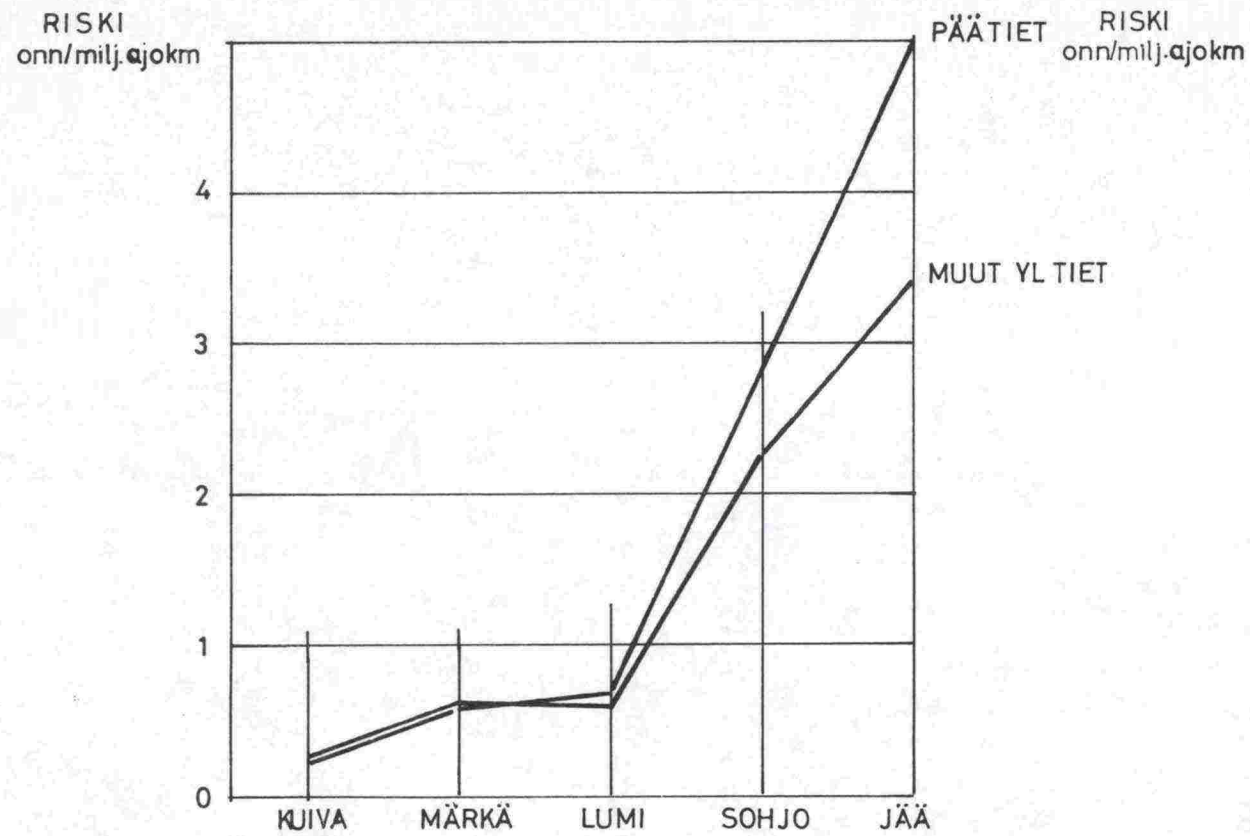
Tapauksessa "Ei tarpeen" ovat keliriskit tilastollisesti
katsoen yhtäsuuria.

Suolatun tien riski on suurin valoisalla ja pimeällä ja
pienin hämärällä. Hiekotetun tien riski valoisalla ja hämä-
rällä on 1.9-kertainen suolatun tien riskiin verrattuna.
Sensijaan pimeällä hiekotetun tien riski on pienempi kuin
suolatun tien riski. Viimeksi mainittu tulos on luonnollinen
johtuen siitä että hiekotetut tiet ovat yleensä vähäliiken-
teisiä alemman luokan teitä, jolloin esim kohtaamisonnetto-
muuksien välttäminen pimeällä on helpompaa kuin valoisalla.

Piirikohtaiset riskit ovat liitteessä 3. Edellä käsitellyissä
profiilianalyyseissä on liian pieneen havaintoaineistoon
perustuvat ja selvästi muun riskistön ulkopuolelle jäävät
riskit korvattu ao. kelin keskimääräisellä riskillä.

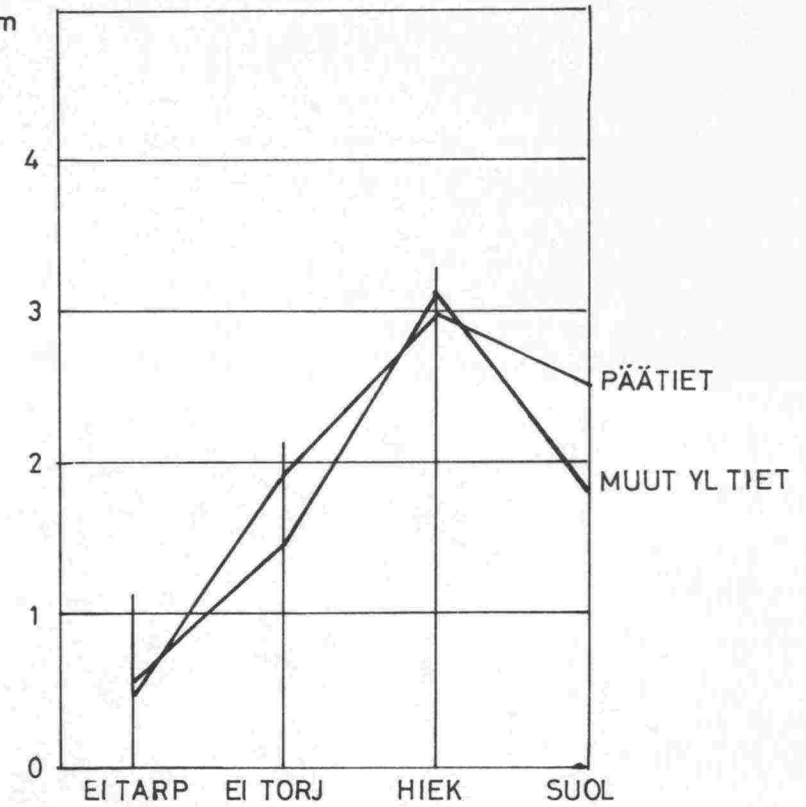
KUVA 1

ONNETTOMUUSRISKI 1.11.82 - 31.3.83
Kelin mukaan



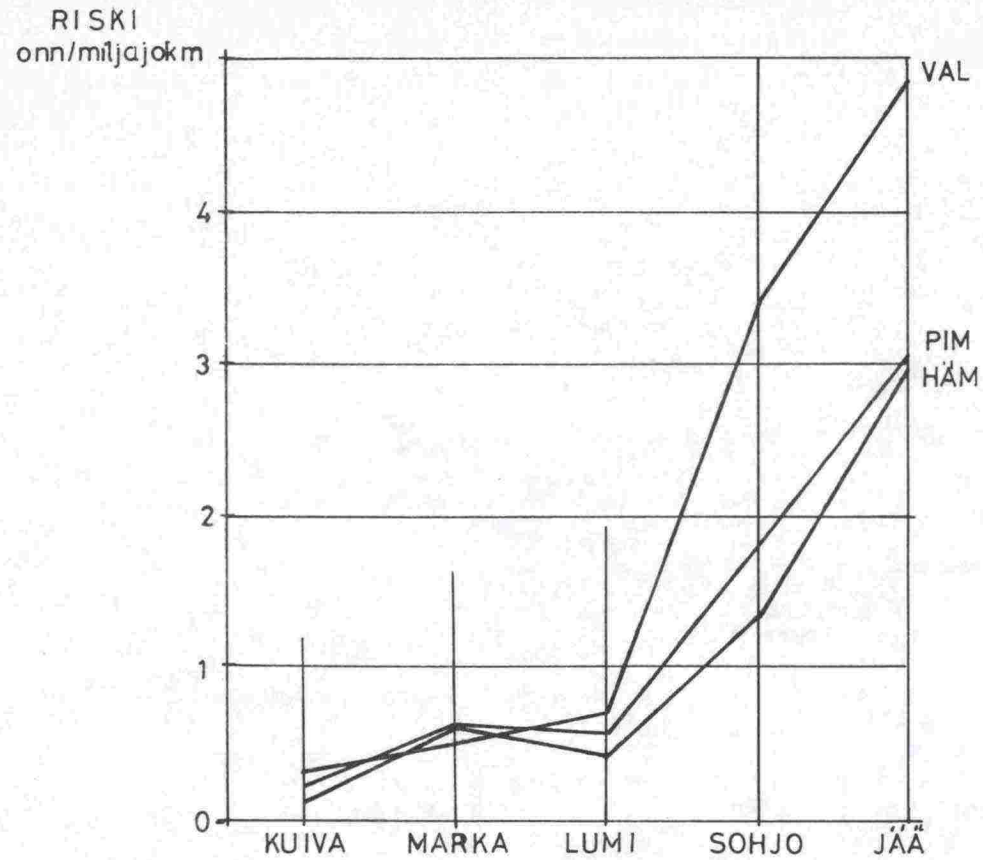
KUVA 2

ONNETTOMUUSRISKI 1.11.82 - 31.3.83
Liukkauden torjunnan mukaan



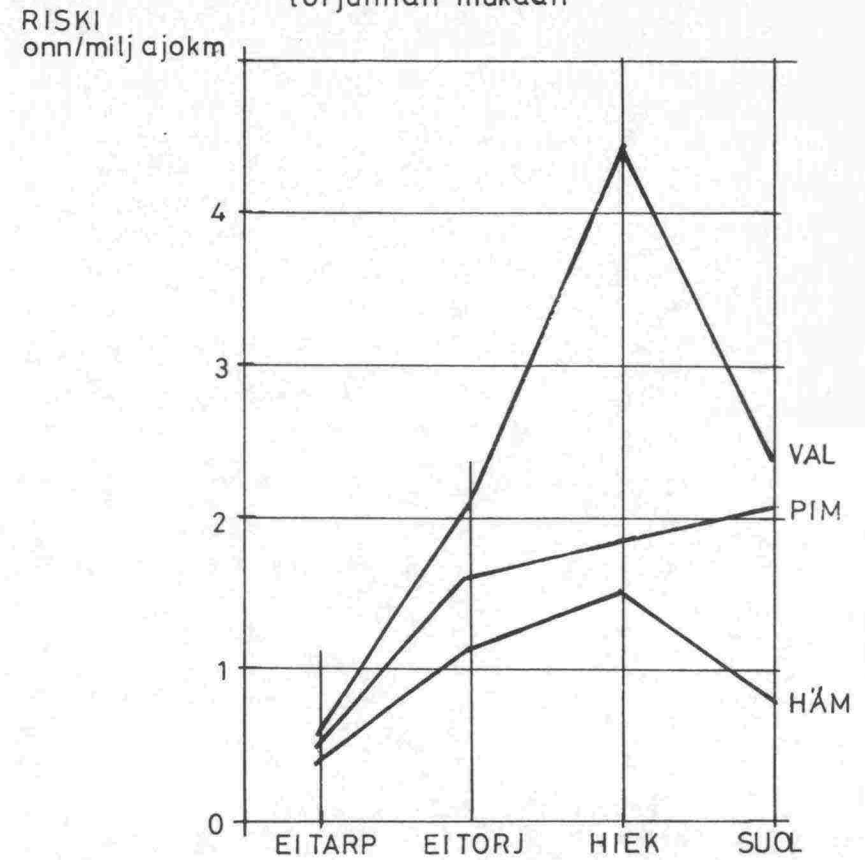
KUVA 3

ONNETTOMUUSRISKI 1.11.82 31.3.83
Valoisuuden ja kelin mukaan



KUVA 4

ONNETTOMUUSRISKI 1.11.82 31.3.83
Valoisuuden ja liukkauden torjunnan mukaan



2. ONNETTOMUUSRISKIT JA AJOSUORITTEET

2.1 Onnettomuusriskin riippuvuus keli- ja liikennemäärätekijöistä.

Onnettomuusriskin riippuvuutta kelistä, kelin ajosuoritteesta, liukkaudentorjunnasta ja KVL:stä (keskimääräisestä vuorokausiliikenteestä) erilaisissa olosuhteissa tutkittiin regressioanalyysillä. Käsiteltävän aineiston sisältämä ajosuorite riippuu tiepiireittäin piirin koosta ja liikenteen vilkkaudesta eikä sellaisenaan tule kysymykseen regressioyhtälön selittävänä muuttujana. Sensijaan tarkoitukseen osoittautui sopivaksi tarkastelukelin ajosuoritteen suhteellinen osuus asianomaisen piirin koko ajosuoritteesta. KVL liitettiin regressioyhtälöihin piireittäin ja tielajeittain laskettuna.

Ainoastaan jääkelin onnettomuusriskillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys tutkittuihin selittäviin muuttujiin. Odotusten mukaista onnettomuusriskin vahvaa riippuvuutta KVL:stä ei löytnyt. KVL ei vaikuttanut lainkaan pääteiden onnettomuusriskin selitysasteeseen. Muiden yleisten teiden onnettomuusriskin selitystasetta KVL parantaa 0.73:sta 0.80:een kun se lisätään regressioyhtälöön. Jos pääteiden ja muitten yleisten teiden aineistot yhdistetään, jää KVL selittävänä muuttujana tilastollisesti merkityksettömäksi.

Regressioyhtälöiksi saatiin kun päätiet ja muut yleiset tiet käsiteltiin erikseen:

$$\begin{array}{llll} & -0.685 & 2 & \\ \text{pätiet:} & Y=18.56*X & R & = 0.90 \end{array}$$

muut yleiset tiet:

$$\begin{array}{llll} & -0.684 & 2 & \\ \text{KVL ei mukana} & Y=19.24*X & R & = 0.73 \end{array}$$

$$\begin{array}{llll} & -0.535 & 0.266 & \\ \text{KVL mukana} & Y=16.49*X & *(KVL/1000) & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} 2 & \\ R & = 0.80 \end{array}$$

Regressiomallit ovat hyvin lähellä toisiaan. Niiden yhtäläisyys voidaan osoittaa Chow'n testillä /3/, jonka F-jakautuneeksi tulokseksi saadaan 0.000. Jotta oletamus regressiomallien yhtäläisyydestä hylättäisiin tulisi tuloksen olla 1 prosentin merkitsevyystasolla >3.40.

Regressioanalyysin lähtöarvot ja tulostus ovat liitteessä 5. Jääkelin onnettomuusriski riippuu jääkelin ja märän kelin ajosuoritteiden suhteesta koko ajosuoritteeseen. Märän kelin liittäminen regressiomalliin ei olennaisesti paranna mallin selitystasetta joten jäljempänä käsitellään yksinkertaisempaa pelkkään jääkelin suoriteosuuteen perustuvaa mallia.

Jääkelin onnettomuusriskille saadaan siten yhtälö:

$$\text{kaikki tiet:} \quad Y = 18.62X^{-0.678} \quad R^2 = 0.87$$

jossa Y=onnettomuusaste onn/milj.ajonkm
X=jääkelin suorite % tiepiirin
koko ajosuoritteesta

Y:n 95% luottamusalue määräytyy eksponentin luottamusrajoista -0.678 ± 0.112

Tulos on esitetty kuvassa 5. Kuvaan on merkitty ne tiepiirien pisteet, joihin regressiokäyrä perustuu.

2.2 Liukkauden esiintymistiheys ja onnettomuusriski

Viime aikoina on keskustelua herättänyt epäily siitä että jäisen kelin satunnainen ja siten yllättävä esiintyminen kasvattaa onnettomuusriskiä ja vähentää liukkaudentorjunnan (suolauksen) liikenneturvallisuutta parantavaa vaikutusta. Edellä esitetyt tulokset antavat mahdollisuuden tämän asian lähempään tarkasteluun talven 1982-83 olosuhteissa.

Liitteessä 6 on johdettu kaava jääkelin sellaisen suoriteosuuden laskemiseksi, jota pienemmillä osuuksilla onnettomuuksien kokonaislukumäärä ja riski kasvavat. Regressioyhtälön

$$Y = 18.56X^{-0.685} \quad \text{vakioita käyttäen saadaan}$$

suoriteosuuden arvoksi prosentteina

$$X_0 = 0.139e^{-1.473C}$$

jossa C = suolausta seuraavan kelin onnettomuusriski (vakio). Ratkaisemalla C saadaan

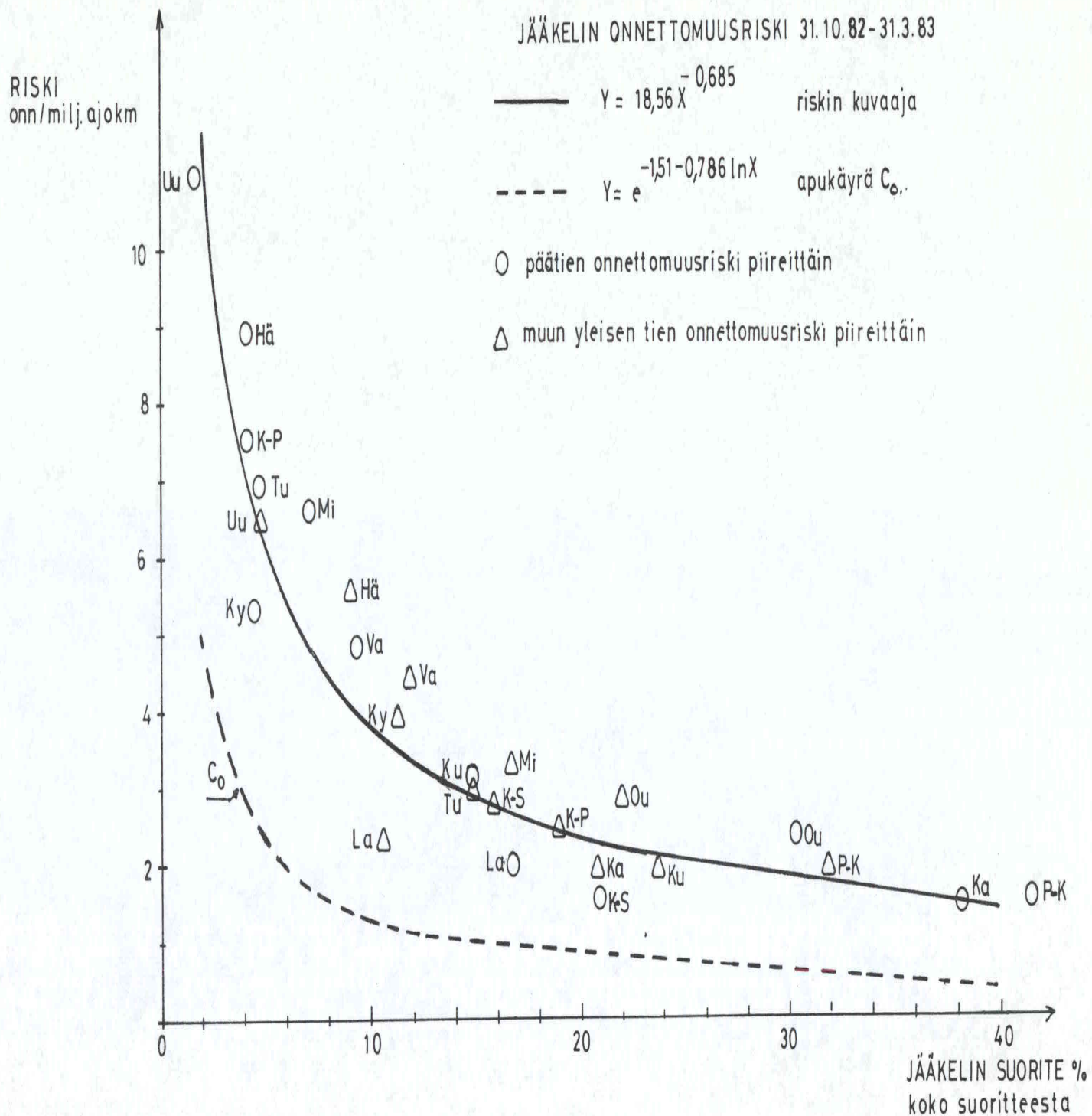
$$C_0 = e^{-1.512 - 0.786 \ln X_0}$$

Tämän käyrän kuvaaja on esitetty kuvassa 5 katkoviivalla.

Onnettomuusriskin kasvu liukkaudentorjunnasta huolimatta voidaan päätellä nyt kuvan 5 avulla seuraavasti: Jos otaksutaan että tunnetaan jäisen kelin suoriteosuus X ja suolauksen jälkeisen kelin onnettomuusriski C, katsotaan suoriteosuuden X kohdalta, onko riski C suurempi kuin käyrän C_0 osoittama riski. Jos näin on, onnettomuusriski kokonaisuudessaan on liukkaudentorjunnan jälkeen kasvanut.

Jos edelleen tiedetään suolauksen jälkeisen onnettomuusriskin olevan vakio R, saadaan onnettomuusriskin kasvualue hakemalla suoran $Y=R$ ja käyrän C_0 leikkauspiste. Onnettomuusriski kasvaa leikkauspisteen oikealla puolella olevalla alueella.

KUVA 5



Esimerkiksi koko maan päätteiden suolatun kelin onnettomuusriskin keskiarvo on 1.9. Käyrä Co saa tämän arvon X:n ollessa 0.06. Päätteiden onnettomuusriski suolauksen jälkeisessä tilassa kasvaa tällöin keskimäärin ottaen tällöin siinä tapauksessa että jääkelin osuus $X > 6\%$ eli kaikissa tiepiireissä lukuunottamatta Uudenmaan, Turun, Hämeen, Kymen ja Keski-Pohjanmaan piirejä.

Jos suolauksen jälkeinen "suolasohjoinen" keli olisi pysyvä, ei päätteiden suolauksella yleensä ottaen olisi toivottua vaikutusta liikenneturvallisuuteen edellä lueteltujen piirien ulkopuolella.

Onnettomuusriski kokonaisuudessaan kasvaa siis silloin kun suolausta käytetään alueilla, joilla jäistä keliä esiintyy usein. Kokonaisriskin kasvun selittää jäisen kelin onnettomuusriskin pieni ero verrattuna suolatun tien onnettomuusriskiin. Asiaa valottavat seuraavat esimerkit. Tila A on tilanne ennen liukkaudentorjuntaa, tila B tilanne suolauksen jälkeen.

Valitaan jäisen kelin suoriteosuudeksi 4% ja suolatun tien onnettomuusriskiksi 1.9. Näillä lukuarvoilla tulisi kuvan 5 mukaan kokonaisriskin pienetä.

Tila	Jääkeli		Suolakeli		Tilan summariski
	%os	Riski	%os	Riski	
A:	4	7.18	-		7.18
B:	2	11.54	2	1.90	6.72

Jääkelin riski on sen suoriteosuuden pienetessä kasvanut 61% kun taas suolatun tien riski on ainoastaan 26% alkuperäisestä jääkelin riskistä. Lopputuloksena on kokonaisriskin pieneneminen runsaalla 6 prosentilla. Käytännössä suolauksen jälkeen tie joko kuivuu riskin edelleen pienetessä tai suolausta seuraa säätilan muutos ja uusi keli. Viimemainitussa tapauksessa kelin muutos on odotettavissa keskimäärin 3.4 tunnin kuluttua suolauksesta /1/.

Kokonaisriskin kehitystä tapauksessa, jossa säätila ei välittömästi suolauksen jälkeen muutu kuvaa seuraava esimerkki.

Oletamme että määrätyn alueen tiestöstä vaiheessa A on 12% jäisen kelin vallassa. Tilassa B on puolet jäisen kelin tiepituudesta suolattu mutta tienpinta ei ole vielä kuivunut. Kuvan 5 mukaan onnettomuusriskin tulisi silloin olla suurempi kuin tilassa A. Tilassa C on suolasohjo poistettu ja suolattu tiepituus on kokonaan kuiva. Saamme seuraavan vaiheittaisen summariskiasetelman

Tila	Jääkeli		Suolakeli		Kuivakeli		Tilan summariski
	%os	Riski	%os	Riski	%os	Riski	
A	12	3.38	-	-	-	-	3.38
B	6	5.44	6	1.90	-	-	3.67
C	6	5.44	-	-	6	0.28	2.86

Tilassa B suolakelin riski on liian suuri kompensoidakseen jääkelin riskin kasvun. Tilassa C kuivakelin riski on riittävän pieni ja summariski jää alle tilan A summariskin.

Käytännössä onnettomuuksien kokonaislukumäärä riippuu tilojen B ja C pituuksista. Jos merkitsemme tilojen yhteistä aikapituutta t:llä ja tilan C pituutta x:llä saamme ehdoksi onnettomuuslukumäärän ja kokonaisriskin pienenemiselle nyt käsiteltävässä esimerkissä

$$3.38*t > 3.67*x + 2.86*(t-x) \quad \text{eli}$$

$$t > 1.56*x$$

Tämä merkitsisi sitä että jos esimerkissämme suolattu tiepituus saadaan kuivaksi 2 tunnissa suolauksen jälkeen (aika x), tulisi sään pysyä ennallaan vähintään 3.1 tuntia suolauksen aloittamisesta (aika t) jotta suolaus pienentäisi onnettomuusriskiä kokonaisuudessaan.

Ruotsissa on tehty vastaavia riskiselvityksiä perustuen vuosilta 1973 ja 1977 koottuun aineistoon /4/. Onnettomuusriskiä on verrattu lumi- ja jääpeitteisen tiepituuden osuuteen koko tiepituudesta eli toisin kuin nyt tehdyssä tutkimuksessa, jossa vertailu kohdistuu ajosuoriteosuuteen. Tulokset ovat hyvin samankaltaisia ja riskin lukuarvotkin ovat lähellä toisiaan.

Kelin kehitys on käytännössä hyvin moninainen ja etukäteen useimmiten tuntematon. Edellisen kaltaisia ja monimutkaisempiakin kysymyksiä voidaan käsitellä tilastollisten päätöksentekomenetelmien avulla. Menetelmien hyväksikäyttö edellyttäisi sekä säätilan kehitysvaihtoehtojen arviointia että riittävää tietoa onnettomuusriskin kehittymisestä erilaisissa kelitilanteissa. Tässä suhteessa antaa nyt käsitelty talvikauden 1982-83 kelitutkimus ratkaisevan lähtökohdan. Koska tutkimuskausi rajoittui yhteen talvikauteen, sen tulokset eivät ole yleispäteviä. Jatkuva seurantatutkimus on tarpeen riittävän monipuolisen ja kattavan aineiston saamiseksi riippumatta tulosten käyttötavasta.

Ensimmäisenä kehitystavoitteena voitaneen pitää onnettomuusriskin ja kunnossapidon kustannusten jonkinasteista jatkuvaa yhteistarkastelua liukkaudentorjunnan suuntaamisen ja laajuuden päättämisen tukena.

3. TIEPIIRIEN RYHMITTELY

Tiepiirien luokittelua ominaisuuksiltaan samankaltaisiin ryhmiin tarkasteltiin tutkimalla liikennesuoritteiden jakautumista piireittäin eri kelityypeille ja erilaisille liukkaudentorjunnan lajeille. Kelityyppejä oli viisi: kuiva, märkä, luminen, sohjoinen ja jäinen tienpinta. Liukkaudentorjunnan luokkia oli neljä: suolattu tie, hiekotettu tie, ei liukkaudentorjuntaa ja liukkaudentorjunta ei tarpeen.

Liikennesuoritteiden jakaumat eri tapauksissa on esitetty liitteen 7 taulukoissa 1-4.

Ryhmittely tehdään käyttäen klusterianalyysiä /3/. Analyysissä käsitellään liitteen 7 taulukoista laskettuja korrelaatiomatriiseja ja korrelaatioista johdettuja etäisyyksiä. Tietokoneajon tulokset ovat liitteessä 8. Tulokset ovat "puiden" muodossa ja niistä on helposti luettavissa erilaiset ryhmittelyvaihtoehdot. Ne syntyvät leikkaamalla puu pystysuoralla viivalla. Oksien "lehvistö" kunkin oksan leikkauspisteestä vasemmalle muodostaa oman ryhmänsä. Ryhmittelyksi saadaan eri tapauksissa, kun valitaan 2-3 ryhmää:

1. Ryhmittäminen pääteiden keliosuuksien mukaan

Uusimaa	Pohjois-Karjala
Turku	Keski-Pohjanmaa
Häme	Oulu
Kymi	Kainuu
Mikkeli	Lappi
Kuopio	
Keski-Suomi	
Vaasa	

Kolmea ryhmää käytettäessä syntyisi uusi Lapin ja Keski-Pohjanmaan ryhmä. Puukuviassa ne ovat suhteellisen kaukana toisistaan joten niiden muut erovuudet huomioonottaen jako neljään ryhmään olisi luonnollisempi vaihtoehto. Silloin Lappi ja Keski-Pohjanmaa muodostaisivat kumpikin oman ryhmänsä.

2. Ryhmittäminen muiden yleisten teiden keliosuuksien mukaan.

Uusimaa	Mikkeli
Turku	Pohjois-Karjala
Häme	Kuopio
Kymi	Keski-Pohjanmaa
Keski-Suomi	Oulu
Vaasa	Kainuu
	Lappi

3. Ryhmittäminen pääteiden liukkaudentorjunnan osuuksien mukaan.

Uusimaa	Pohjois-Karjala
Turku	Oulu
Häme	Kainuu
Kymi	Lappi
Mikkeli	
Kuopio	
Keski-Suomi	
Vaasa	
Keski-Pohjanmaa	

Ryhmittäminen kolmeen tekisi Keski-Suomesta ja Keski-Pohjanmaaasta oman ryhmänsä.

4. Ryhmittäminen muiden yleisten teiden liukkaudentorjunnan mukaan.

Uusimaa	Mikkeli
Turku	Pohjois-Karjala
Häme	Kuopio
Kymi	Keski-Pohjanmaa
Keski-Suomi	Oulu
Vaasa	Kainuu
	Lappi

4. Johtopäätelmiä

Tutkimusaineisto on peräisin talvikauden 1982-83 havainnoista ja tutkimustulokset liittyvät siten sen talvikauden tapaisiin olosuhteisiin. Liian pitkälle meneviä yleistyksiä on varottava tekemästä ennenkuin käytettävissä on useampia talvikausia kattava aineisto.

Kelin vaikutus onnettomuusriskiin tulee tutkimuksessa selvästi esille. Tiepiirien keskimääräinen onnettomuusriski kuivan kelin riskiin verrattuna oli seuraavan taulukon mukainen.

Tielaji	Märkä	Lumi	Keli		
			Sohjo	Jää	Suolaus
Päätiet	2.3	2.8	12	20	11
Muut yl. tiet	2.5	2.1	9.1	14	7.0

Tavallinen talvikeli ei yleensä näytä olevan ongelma liikenneturvallisuuden kannalta. Lumipeitteisen tien onnettomuusriski on samansuuruinen märän lumettoman tien onnettomuusriskin kanssa.

Kunnossapitotoimista suolaus pienentää onnettomuusriskiä tuntuvasti, suolatun tien onnettomuusriski on keskimäärin puolet jäisen kelin riskistä. Hiekotuksella ei ole merkitsevää vaikutusta riskin pienentäjänä; hiekotuksen tarpeen määräävät siten muut seikat kuten liikenteen sujuvuuden riittävä turvaaminen.

Liukkaan kelin onnettomuusriski kasvaa kun liukkaan kelin ajosuorite pienenee. Riski on siten suuri eteläisissä tiepiireissä ja pienempi pohjoisissa tiepiireissä. Liukkaan kelin onnettomuusriskin ollessa riittävän pieni liukkaudentorjunnalla ei ole toivottua, riskiä pienentävää vaikutusta.

Liukkaudentorjunnan vaikutus onnettomuusriskiin on riittävän havaintoaineiston avulla selvitettävissä varsin tarkasti. Tämän tutkimuksen lähtöaineisto selittää yhden talvikauden olosuhteita ja kaipaa siten jatkotutkimuksia riittävän

monipuolisen kuvan luomiseksi onnettomuusriskin yhteyksistä keli- ja sääolosuhteisiin.

Tieliikenteen onnettomuusriskiin voidaan talvella vaikuttaa tehokkaimmin ajoittamalla liukkaudentorjunta oikein ja suunnalla se oikeisiin kohteisiin. Esimerkiksi suolauksen jälkeisen sohjokelin poistaminen nopeasti on tärkeää, koska sohjokeli lisää onnettomuusriskiä usein merkittävästi. Tehdyn riskitutkimuksen tulokset viittaavat mahdollisuuksiin parantaa liukkaudentorjunnan hallintaa kytkemällä tiesääpalvelun antamaan välittömään informaatioon esillä olevan kaltaisista riskitutkimuksista saatuja yleisiä onnettomuusriskin ja keli- sekä sääsuhteiden välisiä riippuvuuksia.

Keliluokitus

Tutkimuksessa on käytetty sellaisia keliluokituksia, jotka sopivat yhteen sekä tie- ja vesirakennuslaitoksen oman luokituksen että onnettomuustilastoissa käytetyn luokituksen kanssa. Keliluokituksessa on viisi keliryhmää ja kunnossapitotoimien luokituksessa neljä.

Luokitukset ovat seuraavat: ("vanha" tarkoittaa lähteenä ollutta luokitusta)

1. Kelit

Vanha		Uusi

Kuiva		Kuiva
Märkä		Märkä
Irtolumi	}	Luminen
Polanne		
Auraus		
Höyläys		
Hiekotus		
Sohjoinen		Sohjoinen
Jäinen		Jäinen

2. Kunnossapitotoimet

Vanha		Uusi

Suolaus		Suolaus
Hiekotus		Hiekotus
Suolahiekotus	}	
Kuiva		Ei tarpeen
Märkä		
Sohjo		
Irtolumi		
Polanne		Muut
Auraus		
Höyläys		
Jäinen		

3. Onnettomuustilasto

Vanha		Uusi

Paljas, kuiva		Kuiva
Kostea, märkä	}	Märkä
Kulumisurissa vettä		
Luminen		Luminen
Luminen, ajourat paljaat	}	
Sohjoinen		Sohjoinen
Sohj, ajourat paljaat	}	
Sohj, kulumisurissa vettä		
Jäinen		Jäinen
Jäinen, ajourat paljaat		
Jäinen, kulumisurissa vettä		

Onnettomuusriskit kelien mukaan. Yleinen tilasto.

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR:

TIELAJI = 1.000 PAATIET

TOTAL OBSERVATIONS: 13

	KELI(1) KUIVA	KELI(2) MARKA	KELI(3) LUMI	KELI(4) SOHJO	KELI(5) JAA
N OF CASES	13	13	13	13	13
MINIMUM	0.	0.197	0.269	1.471	1.442
MAXIMUM	0.432	0.773	1.581	6.125	10.956
MEAN	0.244	0.569	0.685	2.826	4.981
STANDARD DEV	0.114	0.156	0.398	1.363	3.098

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR:

TIELAJI = 2.00 MUUT YLEISET TIET

TOTAL OBSERVATIONS: 13

	KELI(1) KUIVA	KELI(2) MARKA	KELI(3) LUMI	KELI(4) SOHJO	KELI(5) JAA
N OF CASES	13	13	13	13	13
MINIMUM	0.120	0.250	0.240	0.851	1.927
MAXIMUM	0.444	0.942	1.190	4.621	6.472
MEAN	0.274	0.610	0.574	2.271	3.415
STANDARD DEV	0.101	0.223	0.287	0.893	1.359

SUMMARY STATISTICS FOR KELI(1) KUIVA

OVERALL MEAN = 0.259 STANDARD DEVIATION = 0.107
 POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 0.108
 T STATISTIC = .722 PROBABILITY = .477

SUMMARY STATISTICS FOR KELI(2) MARKA

OVERALL MEAN = 0.590 STANDARD DEVIATION = 0.190
 POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 0.193
 T STATISTIC = .542 PROBABILITY = .593

SUMMARY STATISTICS FOR KELI(3) LUMI

OVERALL MEAN = 0.630 STANDARD DEVIATION = 0.344
 POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 0.347
 T STATISTIC = .815 PROBABILITY = .423

SUMMARY STATISTICS FOR KELI(4) SOHJO

OVERALL MEAN = 2.549 STANDARD DEVIATION = 1.164
 POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 1.152
 T STATISTIC = 1.228 PROBABILITY = .231

SUMMARY STATISTICS FOR KELI(5) JAA

OVERALL MEAN = 4.198 STANDARD DEVIATION = 2.476
 POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 2.392
 T STATISTIC = 1.669 PROBABILITY = .108

Onnettomuusriskit liukkaudentorjunnan mukaan. Yleinen tilasto.

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR:

TIELAJI = 1.000 PAATIET

TOTAL OBSERVATIONS: 13

	LIUKTORJ(1) SUOLAUS	LIUKTORJ(2) HIEKOTUS	LIUKTORJ(3) EI TORJUNT	LIUKTORJ(4) EI TARPEEN
N OF CASES	13	13	13	13
MINIMUM	1.340	0.	0.936	0.313
MAXIMUM	13.072	13.736	3.104	0.743
MEAN	3.275	3.588	1.929	0.477
STANDARD DEV	3.122	3.533	0.832	0.111

THE FOLLOWING RESULTS ARE FOR:

TIELAJI = 2.00 MUUT YLEISET TIET

TOTAL OBSERVATIONS: 13

	LIUKTORJ(1) SUOLAUS	LIUKTORJ(2) HIEKOTUS	LIUKTORJ(3) EI TORJUNT	LIUKTORJ(4) EI TARPEEN
N OF CASES	12	13	13	13
MINIMUM	0.	1.743	0.660	0.318
MAXIMUM	26.549	6.353	2.882	0.889
MEAN	3.870	3.148	1.460	0.562
STANDARD DEV	7.275	1.265	0.642	0.184

SUMMARY STATISTICS FOR LIUKTORJ(1) SUOLAUS

OVERALL MEAN = 3.561 STANDARD DEVIATION = 5.406
 POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 5.514
 T STATISTIC = .269 PROBABILITY = .790

SUMMARY STATISTICS FOR LIUKTORJ(2) HIEKOTUS

OVERALL MEAN = 3.368 STANDARD DEVIATION = 2.609
POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 2.653
T STATISTIC = .423 PROBABILITY = .676

SUMMARY STATISTICS FOR LIUKTORJ(3) EI TORJUNTA

OVERALL MEAN = 1.694 STANDARD DEVIATION = 0.766
POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 0.743
T STATISTIC = 1.609 PROBABILITY = .121

SUMMARY STATISTICS FOR LIUKTORJ(4) EI TARPEEN

OVERALL MEAN = 0.520 STANDARD DEVIATION = 0.155
POOLED WITHIN GROUPS STANDARD DEVIATION = 0.152
T STATISTIC = 1.419 PROBABILITY = .169

Talvikelien onnettomuusriskit marraskuun 1982 ja maaliskuun 1983 välisenä aikana valoisuuden mukaan.

Valoisa aika

Piiri	Kuiva	Märkä	Lumin	Sohjo	Jäinen
Uusimaa	0.313	0.616	0.994	2.579	9.986
Turku	0.394	0.631	0.77	2.613	4.934
Häme	0.267	0.344	0.541	2.943	9.039
Kymi	0.241	0.723	0.754	3.966	5.588
Mikkeli	0.209	0.744	0.597	2.569	5.198
P-Karjalaa	0.489	0.562	0.491	4.061	2.469
Kuopio	0.266	0.427	0.604	3.620	2.984
K-Suomi	0.482	0.643	1.583	2.873	2.780
Vaasa	0.359	0.431	0.757	1.804	6.263
K-Pohjanmm	0.257	0.467	0.475	4.315	5.018
Oulu	0.196	0.424	0.404	5.029	3.434
Kainuu	0.149	0.176	0.440	8.234	2.648
Lappi	0.293	0.483	0.550	-	3.051
Koko maa	0.316	0.554	0.672	3.015	4.429

Hämärä aika

Piiri	Kuiva	Märkä	Lumin	Sohjo	Jäinen
Uusimaa	0.270	0.883	0.485	1.466	9.699
Turku	0.272	1.042	0.431	0.822	2.180
Häme	0.220	0.513	0.249	0.779	4.792
Kymi	0.284	0.835	0.601	1.095	3.853
Mikkeli	-	0.771	0.477	1.799	2.486
P-Karjala	-	0.297	0.577	1.726	1.126
Kuopio	0.233	0.332	0.423	2.080	1.772
K-Suomi	0.359	0.533	0.983	2.121	2.309
Vaasa	0.098	0.689	0.200	0.828	4.459
K-Pohjanm	-	0.190	0.260	1.471	1.138
Oulu	-	0.569	0.239	1.460	1.741
Kainuu	-	0.975	0.166	1.408	1.501
Lappi	-	0.286	0.311	-	1.558
Koko maa	0.206	0.722	0.391	1.268	2.549

Pimeä aika

Piiri	Kuiva	Märkä	Lumin	Sohjo	Jäinen
Uusimaa	0.266	0.601	1.056	1.639	6.036
Turku	0.425	0.734	0.722	1.456	3.566
Häme	0.302	0.703	0.595	1.651	5.959
Kymi	0.227	0.801	0.513	1.388	3.787
Mikkeli	0.159	0.649	0.589	2.056	4.317
P-Karjala	0.426	0.516	0.234	2.310	1.367
Kuopio	0.189	0.573	0.625	2.271	1.951
K-Suomi	0.219	0.451	1.187	2.010	1.570
Vaasa	0.186	0.572	0.453	1.317	3.698
K-Pohjanm	0.300	0.807	0.447	2.676	2.600
Oulu	0.149	0.660	0.305	1.752	2.242
Kainuu	-	0.527	0.249	2.129	1.049
Lappi	0.157	0.465	0.286	1.340	1.729
Koko maa	0.273	0.644	0.514	1.731	2.842

Talvikelien onnettomuusriskit marraskuun 1982 ja maaliskuun 1983 välisenä aikana valoisuuden ja kunnossapitotoimien mukaan.

Valoisa aika

Piiri	Suolaus	Hiekotus	Muu	Ei tarp
Uusimaa	2.340	4.986	3.663	0.478
Turku	3.855	3.900	2.570	0.520
Häme	1.423	7.421	3.188	0.378
Kymi	2.895	7.547	1.915	0.563
Mikkeli	1.982	3.968	2.042	0.508
P-Karjala	3.663	5.914	1.483	0.894
Kuopio	0.000	2.959	1.549	0.572
K-Suomi	3.546	4.451	2.055	0.649
Vaasa	2.122	6.101	2.711	0.426
K-Pohjanmm	5.747	14.730	1.487	0.488
Oulu	5.941	2.375	1.730	0.483
Kainuu	3.937	3.559	1.267	0.873
Lappi	0.000	2.838	1.047	0.298
Koko maa	2.585	4.763	2.005	0.494

Hämärä aika

Piiri	Suolaus	Hiekotus	Muu	Ei tarp
Uusimaa	0.717	1.824	2.828	0.537
Turku	1.211	0.000	1.181	0.555
Häme	1.031	0.707	1.329	0.354
Kymi	0.464	0.787	1.401	0.553
Mikkeli	2.132	1.086	0.910	0.441
P-Karjalaa	0.000	1.122	0.845	0.439
Kuopio	0.000	2.882	0.830	0.484
K-Suomi	0.579	1.066	1.469	0.632
Vaasa	0.000	1.995	1.550	0.348
K-Pohjanmm	6.211	0.000	0.483	0.069
Oulu	0.000	0.706	0.856	0.306
Kainuu	0.000	4.090	0.626	0.226
Lappi	0.000	3.344	0.453	0.079
Koko maa	0.840	1.309	1.047	0.455

Pimeä aika

Piiri	Suolaus	Hiekotus	Muu	Ei tarp
Uusimaa	1.638	1.917	2.594	0.431
Turku	1.955	0.926	2.037	0.578
Häme	2.269	2.371	2.256	0.508
Kymi	1.453	2.491	1.319	0.495
Mikkeli	2.850	1.856	1.604	0.429
P-Karjalaa	5.803	2.361	0.779	0.713
Kuopio	2.318	1.484	1.138	0.443
K-Suomi	1.604	3.008	1.337	0.429
Vaasa	0.861	1.494	1.683	0.401
K-Pohjanmm	3.802	0.999	0.959	0.623
Oulu	4.926	2.164	1.099	0.415
Kainuu	0.000	0.000	0.547	0.492
Lappi	12.048	2.934	0.486	0.276
Koko maa	2.035	1.915	1.301	0.478

PROFIILIANALYYSI: ONNETTOMUUSASTE, KELIT
 NUMBER OF CASES PROCESSED: 26

DEPENDENT VARIABLE MEANS

	KUIVA	MARKA	LUMI	SOHJO	JAA
	0.259	0.590	0.631	2.549	4.198

ESTIMATES OF EFFECTS $B = (X'X)^{-1} X'Y$

	KUIVA	MARKA	LUMI	SOHJO	JAA
CONSTANT	0.259	0.590	0.631	2.549	4.198
TIELAJI 1	-0.015	-0.021	0.056	0.277	0.783

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS

	KUIVA	MARKA	LUMI	SOHJO	JAA
	0.021	0.012	0.028	0.059	0.104

HYPOTHESIS FOR EFFECT CALLED:
 TIELAJI

C MATRIX

	1	2	3	4	5
1	1.000	-1.000	0.	0.	0.
2	0.	1.000	-1.000	0.	0.
3	0.	0.	1.000	-1.000	0.
4	0.	0.	0.	1.000	-1.000

UNIVARIATE F TESTS

VARIABLE	F(1, 24)	PROBABILITY
1	.018	.895
2	1.042	.317
3	.840	.369
4	.683	.417

MULTIVARIATE TEST STATISTICS

WILKS' LAMBDA = .714
 F-STATISTIC = 2.104 DF = 4 21 PROB = .116

PILLAI TRACE = .286
 F-STATISTIC = 2.104 DF = 4 21 PROB = .116

HOTELLING-LAWLEY TRACE = .401
 F-STATISTIC = 2.104 DF = 4 21 PROB = .116

HYPOTHESIS FOR EFFECT CALLED:
TIELAJI

C MATRIX

	1	2	3	4	5
	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

HYPOTHESIS SUM OF SQUARES

30.370

ERROR SUM OF SQUARES

113.749

UNIVARIATE F TESTS

VARIABLE	F(1, 24)	PROBABILITY
1	6.408	.018

HYPOTHESIS FOR EFFECT CALLED:
CONSTANT

C MATRIX

	1	2	3	4	5
1	1.000	-1.000	0.	0.	0.
2	0.	1.000	-1.000	0.	0.
3	0.	0.	1.000	-1.000	0.
4	0.	0.	0.	1.000	-1.000

UNIVARIATE F TESTS

VARIABLE	F(1, 24)	PROBABILITY
1	70.806	0.000
2	.301	.588
3	63.089	0.000
4	7.272	.013

MULTIVARIATE TEST STATISTICS

WILKS' LAMBDA = .060
F-STATISTIC = 82.194 DF = 4 21 PROB = .000

PILLAI TRACE = .940
F-STATISTIC = 82.194 DF = 4 21 PROB = .000

HOTELLING-LAWLEY TRACE = 15.656
F-STATISTIC = 82.194 DF = 4 21 PROB = .000

PROFIILIANALYYSI: ONNETTOMUUSASTE, LIUKKAUDENTORJUNTA

NUMBER OF CASES PROCESSED: 26

DEPENDENT VARIABLE MEANS

SUOLAUS	HIEKOT	EITORJ	EITARP
2.156	3.066	1.694	0.520

ESTIMATES OF EFFECTS $B = (X'X)^{-1} X'Y$

	SUOLAUS	HIEKOT	EITORJ	EITARP
CONSTANT	2.156	3.066	1.694	0.520
TIELAJI 1	0.365	-0.082	0.234	-0.043

SQUARED MULTIPLE CORRELATIONS

SUOLAUS	HIEKOT	EITORJ	EITARP
0.091	0.004	0.097	0.078

HYPOTHESIS FOR EFFECT CALLED:
TIELAJI

C MATRIX

	1	2	3	4
1	1.000	-1.000	0.	0.
2	0.	1.000	-1.000	0.
3	0.	0.	1.000	-1.000

UNIVARIATE F TESTS

VARIABLE	F(1, 24)	PROBABILITY
1	1.236	.277
2	1.081	.309
3	3.197	.086

MULTIVARIATE TEST STATISTICS

WILKS' LAMBDA = .701
F-STATISTIC = 3.121 DF = 3 22 PROB = .047

PILLAI TRACE = .299
F-STATISTIC = 3.121 DF = 3 22 PROB = .047

HOTELLING-LAWLEY TRACE = .426
F-STATISTIC = 3.121 DF = 3 22 PROB = .047

HYPOTHESIS FOR EFFECT CALLED:
TIELAJI

C MATRIX

	1	2	3	4
	1.000	1.000	1.000	1.000

HYPOTHESIS SUM OF SQUARES

5.870

ERROR SUM OF SQUARES

76.266

UNIVARIATE F TESTS

VARIABLE	F(1, 24)	PROBABILITY
----------	-----------	-------------

1	1.847	.187
---	-------	------

HYPOTHESIS FOR EFFECT CALLED:
CONSTANT

C MATRIX

	1	2	3	4
1	1.000	-1.000	0.	0.
2	0.	1.000	-1.000	0.
3	0.	0.	1.000	-1.000

UNIVARIATE F TESTS

VARIABLE	F(1, 24)	PROBABILITY
----------	-----------	-------------

1	5.126	.033
2	20.362	.000
3	57.534	0.000

MULTIVARIATE TEST STATISTICS

WILKS' LAMBDA = .080
F-STATISTIC = 84.411 DF = 3 22 PROB =0.000

PILLAI TRACE = .920
F-STATISTIC = 84.411 DF = 3 22 PROB =0.000

HOTELLING-LAWLEY TRACE = 11.511
F-STATISTIC = 84.411 DF = 3 22 PROB =0.000

Regressioanalyysien tulostukset.

1. Pääteiden jäisen kelin onnettomuusaste funktiona jääkelin ajosuoritteesta prosentteina koko ajosuoritteesta. Onnettomuusaste ja suoriteosuus ovat suureiden luonnollisia logaritmeja.

NUMBER OF CASES PROCESSED: 13

DEPENDENT VARIABLE MEAN: 1.353

MULTIPLE CORRELATION: .950

SQUARED MULTIPLE CORRELATION: .902

ADJUSTED $R^2 = 1 - (1 - R^2) * (N - 1) / DF$, WHERE $N = 13$, AND $DF = 11$: .893

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. COEF.	TOLERANCE	T	P (2 TAIL)
CONSTANT	2.921	0.170	0.	.	17.22	0.000
JAA	-0.685	0.068	-0.950	1.00000	-10.05	.000

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	5.821	1	5.821	100.979	.000
RESIDUAL	0.634	11	0.058		

2. Muiden yleisten teiden jäisen kelin onnettomuusriski funktiona jääkelin ajosuoritteesta prosentteina koko ajosuoritteesta. Onnettomuusaste ja suoriteosuus ovat suureiden luonnollisia logaritmeja.

NUMBER OF CASES PROCESSED: 13

DEPENDENT VARIABLE MEAN: 1.119

MULTIPLE CORRELATION: .852

SQUARED MULTIPLE CORRELATION: .726

ADJUSTED $R^2 = 1 - (1 - R^2) * (N - 1) / DF$, WHERE $N = 13$, AND $DF = 11$: .701

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. COEF.	TOLERANCE	T	P(2 TAIL)
CONSTANT	2.957	0.345	0.	.	8.56	.000
JAA	-0.684	0.127	-0.852	1.00000	-5.40	.000

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	1.377	1	1.377	29.189	.000
RESIDUAL	0.519	11	0.047		

3. Jääkelin onnettomuusriskin askelittainen regressioanalyysi

NUMBER OF CASES PROCESSED: 26

STEPWISE REGRESSION WITH ALPHA-TO-ENTER= .150 AND ALPHA-TO-REMOVE= .150

STEP= 1	ENTER	JAA	R= .931	RSQUARE= .866
STEP= 2	ENTER	MARKA	R= .943	RSQUARE= .890

THE SUBSET MODEL INCLUDES THE FOLLOWING PREDICTORS:

CONSTANT
MARKA
JAA

USE THESE PREDICTORS IN A NEW MODEL SENTENCE TO ESTIMATE THE COEFFICIENTS.

4. Yhdistetty aineisto päätiet ja muut yleiset tiet. Jäisen kelin onnettomuusriski funktiona jääkelin ajosuoritteen %-osuudesta. Onnettomuusaste ja jääkelin suoriteisuus ovat suureiden luonnollisia logaritmeja.

NUMBER OF CASES PROCESSED: 26

DEPENDENT VARIABLE MEAN: 1.236

MULTIPLE CORRELATION: .931

SQUARED MULTIPLE CORRELATION: .866

ADJUSTED $R^2 = 1 - ((1 - R^2) * (N - 1) / DF)$, WHERE N= 26, AND DF= 24: .861

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. COEF.	TOLERANCE	T	P(2 TAIL)
CONSTANT	2.924	0.142	0.	.	20.60	0.000
JAA	-0.678	0.054	-0.931	1.00000	-12.48	0.000

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	7.545	1	7.545	155.756	0.000
RESIDUAL	1.163	24	0.048		

5. Yhdistetty aineisto päätiet ja muut yleiset tiet. Jäisen kelin onnettomuusriski funktiona jääkelin ja märän kelin ajosuoritteiden %- osuuksista. Onnettomuusaste ja jääkelin suoriteosuus ovat suureiden luonnollisia logaritmeja.

NUMBER OF CASES PROCESSED: 26

DEPENDENT VARIABLE MEAN: 1.236

MULTIPLE CORRELATION: .943

SQUARED MULTIPLE CORRELATION: .890

ADJUSTED $R^2 = 1 - (1 - R^2) * (N - 1) / DF$, WHERE N= 26, AND DF= 23: .881

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. COEF.	TOLERANCE	T	P(2 TAIL)
CONSTANT	2.370	0.282	0.	.	8.39	0.000
JAA	-0.582	0.067	-0.798	0.57165	-8.73	0.000
MARKA	0.015	0.007	0.203	0.57165	2.22	.036

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	SUM-OF-SQUARES	DF	MEAN-SQUARE	F-RATIO	P
REGRESSION	7.750	2	3.875	93.104	.000
RESIDUAL	0.957	23	0.042		

6. Suolatun kelin askelittainen regressioanalyysi.

CASE 23 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

CASE 24 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

CASE 25 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

CASE 26 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

NUMBER OF CASES PROCESSED: 22

STEPWISE REGRESSION WITH ALPHA-TO-ENTER= .150 AND ALPHA-TO-REMOVE= .150

THE SUBSET MODEL INCLUDES THE FOLLOWING PREDICTORS:

CONSTANT

USE THESE PREDICTORS IN A NEW MODEL SENTENCE TO ESTIMATE THE COEFFICIENTS.
SYSTAT PROCESSING FINISHED

7. Suolatun tien regressioyhtälön vakio

CASE 23 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

CASE 24 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

CASE 25 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

CASE 26 HAS BEEN DELETED DUE TO MISSING DATA.

NUMBER OF CASES PROCESSED: 22

DEPENDENT VARIABLE MEAN: 0.647

MULTIPLE CORRELATION: 0.000

SQUARED MULTIPLE CORRELATION: 0.000

$ADJUSTED\ R^2 = 1 - ((1 - R^2) * (N - 1) / DF)$, WHERE N= 22, AND DF= 22: 0.000

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	STD. COEF.	TOLERANCE	T	P(2 TAIL)
CONSTANT	0.647	0.146	0.	.	4.44	.000

Jääkelin ja suolatun kelin onnettomuusriskien regressioyhtälöiden lähtöarvot.

KUIVA, MÄRKÄ, LUMI, ja SOHJO ovat kelisuoritteiden prosenttiosuuksia koko ajosuoritteesta. JÄÄ on jääkelin suoritteiden luonnollinen logaritmi. Onnettomuusasteet OASUOL ja OAJAA ovat ao. suureiden luonnollisia logaritmeja.

Taulukon yläosassa ovat päätteiden ja alaosassa muiden yleisten teiden lukuarvot.

PIIRI	OASUOL	OAJAA	KUIVA	MÄRKÄ	LUMI	SOHJO	JÄÄ	KVL
Uu	0.293	2.394	55.520	33.090	5.330	4.470	0.464	2.066
Tu	0.652	1.937	51.640	31.920	7.290	4.490	1.539	1.256
Hä	0.663	2.193	50.170	30.630	10.720	4.440	1.394	1.379
Ky	0.476	1.670	52.700	27.700	9.630	5.600	1.475	1.200
Mi	0.863	1.889	46.980	26.160	15.510	4.290	1.954	0.693
P-K	1.340	0.412	10.970	20.080	23.510	4.050	3.723	0.445
Ku	-0.223	1.141	46.090	22.980	12.110	4.090	2.690	0.833
K-S	1.022	0.432	30.550	27.850	15.720	5.110	3.034	0.846
Va	0.425	1.583	42.540	28.180	15.860	4.190	2.222	0.850
K-P	1.230	2.023	33.260	23.270	34.620	4.820	1.394	0.315
Ou	1.595	0.859	24.310	15.150	27.300	2.910	3.412	0.571
Ka	0.621	0.365	15.850	14.340	29.150	2.530	3.641	0.020
La	1.185	0.693	21.510	7.940	53.310	5.750	2.813	0.039
Uu	0.850	1.867	48.740	33.510	8.770	4.240	1.554	0.122
Tu	1.330	1.122	39.090	27.690	15.670	2.770	2.693	-0.673
Hä	0.131	1.716	41.570	29.100	16.560	3.830	2.192	-0.357
Ky	0.993	1.364	26.100	25.890	33.050	3.730	2.421	-0.892
Mi	1.314	1.188	21.010	18.340	39.860	14.170	2.811	-1.347
P-K	1.072	0.673	8.850	16.240	38.400	4.680	3.461	-0.462
Ku	0.215	0.642	12.020	14.840	46.130	3.300	3.166	-1.309
K-S	-0.673	1.030	30.500	21.830	27.750	4.140	2.759	-1.022
Va	-1.139	1.495	39.650	25.190	19.540	3.770	2.471	-0.799
K-P	.	0.896	22.300	14.490	40.240	4.110	2.937	-1.079
Ou	.	1.047	18.680	12.440	44.830	2.150	3.086	-1.204
Ka	.	0.658	6.050	7.610	62.840	2.800	3.030	-1.715
La	.	0.850	8.980	5.070	74.170	1.260	2.354	-1.386

Onnettomuusriski kelitilanteen muuttuessa.

Tarkastelemme tapausta jolloin tietyn alueen keliin F vaikuttaa esim kunnossapitotoimella siten että osa kelistä F muuttuu keliksi G. Olkoon kelin F ajosuorite $L \cdot X$ ja kelin G ajosuorite $DL \cdot X$, jossa X on alueen koko ajosuorite ja L ja DL keliin F ja G suoriteosuudet koko suoritteesta. Yksinkertaisuuden vuoksi merkitsemme $X=1$. Keliin F ja G yhteinen ajosuorite on tällöin $L+DL$. Olkoon edelleen kelin F onnettomuusriski $f(x)$ ja kelin G onnettomuusriski $g(x)$, jossa x on ao kelin ajosuoritteen suhde koko alueen ajosuoritteeseen.

Asetamme vaatimuksen että kelitilanteen muuttuminen ei saa lisätä onnettomuuksien kokonaismäärää tietyllä aikavälillä.

Saamme onnettomuudet		
ennen muutosta	keli F	$O_f = (L+DL) \cdot f(L+DL)$
muutoksen jälkeen	keli F	$O_f = L \cdot f(L)$
	keli G	$O_g = DL \cdot g(DL)$

ja $(L+DL) \cdot f(L+DL) \geq L \cdot f(L) + DL \cdot g(DL)$

josta muokkaamalla

$$\frac{f(L+DL) - f(L)}{DL} \leq \frac{f(L) - g(L)}{L}$$

Jos annamme muutoksen $DL \rightarrow 0$, saamme yhtälön vasemman puolen arvoksi riskifunktion $f(x)$ tangentin pisteessä $x=L$. Asetettu ehto on voimassa silloin kun riskifunktion tangentti pisteessä $x=L$ on pienempi kuin yhtälön oikeanpuoleinen lauseke eli kun

$$f'(L) < (f(L) - g(L)) / L$$

B

Meidän tapauksessamme jääkelin $f(x)$ on muotoa Ax ja jääkelin jälkeisen suolatun tien "suolasohjon" riski $g(x)$ voidaan asettaa vakioksi C. Ratkaisemalla edellä saatu yhtälö näitä funktioita käyttäen saadaan L:n raja-arvon määrittämiseksi yhtälö

$$\ln L = (1/B) \cdot \ln(C / (A + A \cdot B))$$

Tästä saadaan että lasketuilla vakioilla $A = 0.817$, $B = -0.679$ jääkelin suoriteosuuden ollessa

$$L = 0.139 \cdot C^{-1.473}$$

onnettomuuksien kokonaislukumäärä säilyy ennallaan. Suoriteosuuden ollessa $< L$ onnettomuuksien kokonaislukumäärä ja kokonaisriski pienenevät.

Ajosuoritteiden jakaumat kelin ja liukkaudentorjunnan mukaan.

Taulukko 1

Pääteiden ajosuoritteen jakautuminen kelilajeittain talvikautena 1982-83. Luvut ovat % koko suoritteesta.

Piiri	Kuiva	Märkä	Keli Lumin	Sohjoin	Jäinen
Uusimaa	55.52	33.09	5.33	4.47	1.59
Turku	51.64	31.92	7.29	4.49	4.66
Häme	50.17	30.63	10.72	4.44	4.03
Kymi	52.70	27.70	9.63	5.60	4.37
Mikkeli	46.98	26.16	15.51	4.29	7.06
P-Karjala	10.97	20.08	23.51	4.05	41.39
Kuopio	46.09	22.98	12.11	4.09	14.73
K-Suomi	30.55	27.85	15.72	5.11	20.77
Vaasa	42.54	28.18	15.86	4.19	9.23
K-Pohjanmaa	33.26	23.27	34.62	4.82	4.03
Oulu	24.31	15.15	27.30	2.91	30.33
Kainuu	15.85	14.34	29.15	2.53	38.13
Lappi	21.51	7.94	53.31	0.58	16.66

Taulukko 2

Muiden yleisten teiden ajosuoritteen jakautuminen kelilajeittain talvikautena 1982-83. Luvut % koko suoritteesta.

Piiri	Kuiva	Märkä	Luminen	Sohjoin	Jäinen
Uusimaa	48.74	33.51	8.77	4.24	4.73
Turku	39.09	27.69	15.67	2.77	14.78
Häme	41.57	29.10	16.56	3.83	8.95
Kymi	26.10	25.89	33.05	3.73	11.26
Mikkeli	21.01	18.34	39.86	14.17	16.62
P-Karjala	8.85	16.24	38.40	4.68	31.84
Kuopio	12.02	14.84	46.13	3.30	23.72
K-Suomi	30.50	21.83	27.75	4.14	15.78
Vaasa	39.65	25.19	19.54	3.77	11.84
K-Pohjanmaa	22.30	14.49	40.24	4.11	18.86
Oulu	18.68	12.44	44.83	2.15	21.90
Kainuu	6.05	7.61	62.84	2.80	20.70
Lappi	8.98	5.07	74.17	1.26	10.53

Taulukko 3

Pääteiden ajosuoritteiden jakautuminen liukkaudentorjunnan mukaan talvikautena 1982-83. Luvut % koko suoritteesta.

Piiri	Suolaus	Hiekotus	Ei torj	Ei tarp
Uusimaa	2.52	0.19	6.56	90.74
Turku	2.38	0.27	11.39	85.95
Häme	2.21	0.35	14.08	83.36
Kymi	3.53	0.49	13.01	82.96
Mikkeli	2.46	0.80	21.22	75.53
P-Karjala	0.62	1.73	62.77	34.88
Kuopio	1.75	0.21	26.16	71.89
K-Suomi	1.82	0.48	35.34	62.36
Vaasa	1.70	0.59	24.07	73.64
K-Pohjanmaa	2.04	0.36	37.50	60.10
Oulu	0.94	1.78	55.31	41.97
Kainuu	0.75	1.61	65.17	32.47
Lappi	0.16	1.97	67.90	29.97

Taulukko 4

Muiden yleisten teiden ajosuoritteiden jakautuminen liukkaudentorjunnan mukaan talvikautena 1982-83. Luvut ovat % koko suoritteesta.

Piiri	Suolaus	Hiekotus	Ei torj	Ei tarp
Uusimaa	1.64	0.65	12.64	85.07
Turku	0.62	1.22	29.04	69.12
Häme	1.25	0.88	24.31	73.56
Kymi	0.63	1.80	42.23	55.34
Mikkeli	0.18	2.57	53.81	43.44
P-Karjala	0.45	1.65	68.27	29.63
Kuopio	0.49	1.25	68.25	30.00
K-Suomi	1.04	1.41	41.67	55.89
Vaasa	0.92	1.60	29.49	67.99
K-Pohjanmaa	0.10	1.61	57.43	40.86
Oulu	0.18	1.53	65.08	33.21
Kainuu	0.00	1.85	81.69	16.46
Lappi	0.02	0.84	83.84	15.30

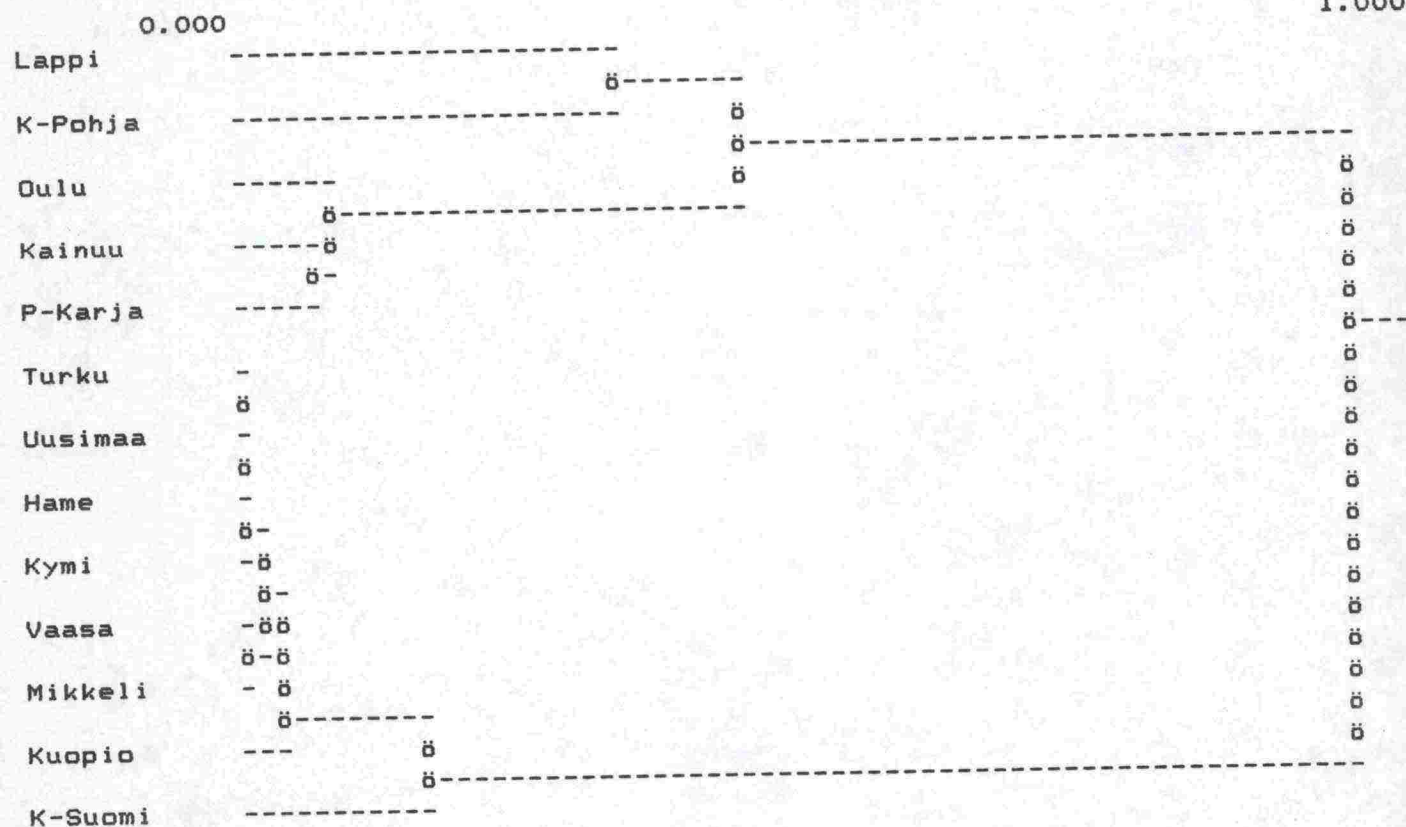
PÄÄTIET, KELIT

DISTANCE METRIC IS 1-PEARSON CORRELATION COEFFICIENT
 LINKAGE METHOD IS AVERAGE LINKAGE (CENTROID)

TREE DIAGRAM

DISTANCES

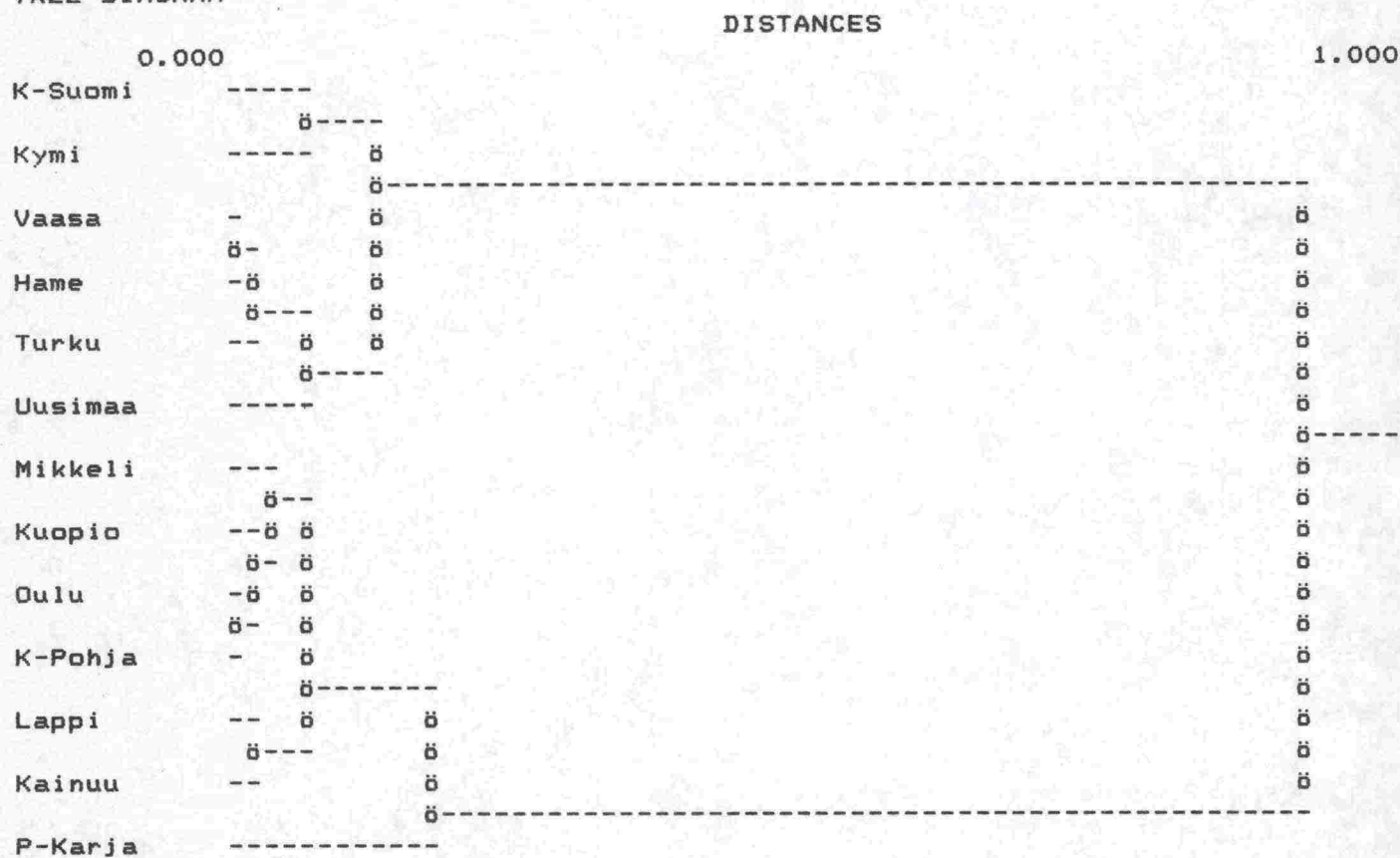
1.000



MUUT YLEISET TIET, KELIT

DISTANCE METRIC IS 1-PEARSON CORRELATION COEFFICIENT
LINKAGE METHOD IS AVERAGE LINKAGE (CENTROID)

TREE DIAGRAM

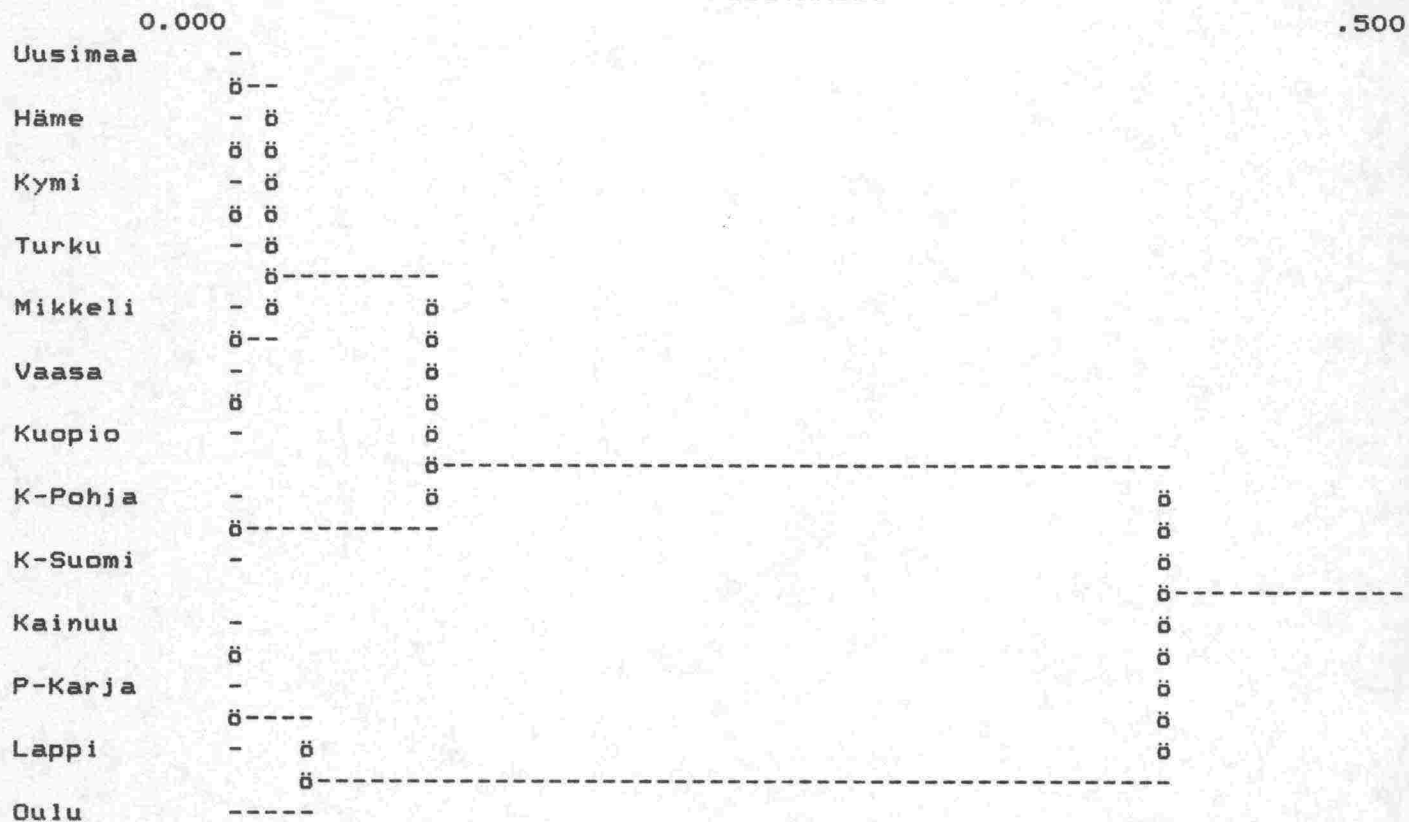


PÄÄTIET, LIUKKAUDENTORJUNTA

DISTANCE METRIC IS 1-PEARSON CORRELATION COEFFICIENT
LINKAGE METHOD IS AVERAGE LINKAGE (CENTROID)

TREE DIAGRAM

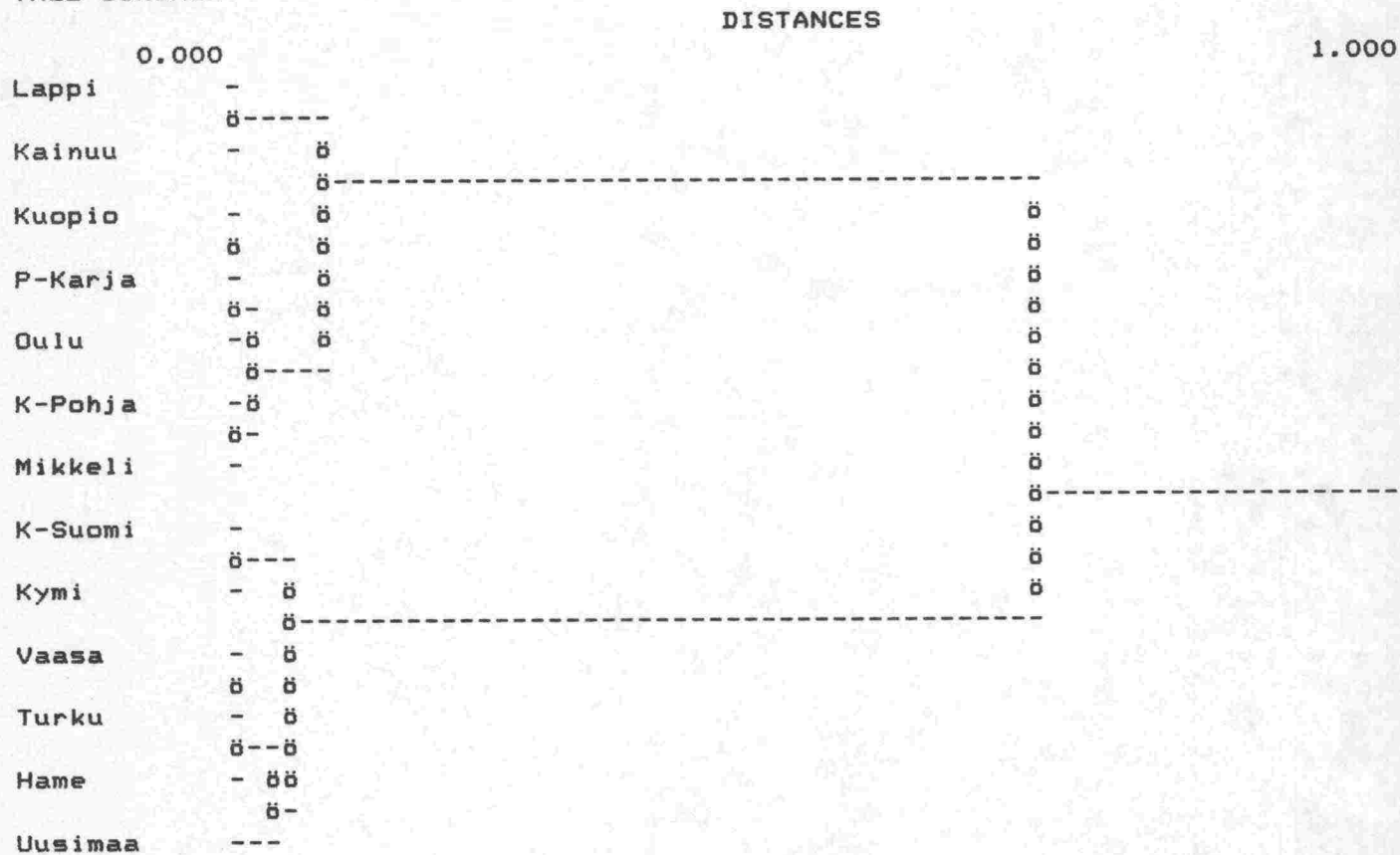
DISTANCES



MUUT YLEISET TIET, LIUKKAUDENTORJUNTA

DISTANCE METRIC IS 1-PEARSON CORRELATION COEFFICIENT
LINKAGE METHOD IS AVERAGE LINKAGE (CENTROID)

TREE DIAGRAM



KIRJALLISUUSLUETTELO

- /1/ Kunnossapito ja liikennesuoritteet eri olosuhteissa.
TVH, Insinööritoimisto Pentti Polvinen 1984
- /2/ Morrison: Multivariate Statistical Methods.
McGraw-Hill 1978
- /3/ Dillon and Goldstein: Multivariate Analysis. Methods and
Applications. John Wiley & Sons 1984
- /4/ Effekter av driftåtgärder. Statens Vägverk 1980

ISBN 951-46-7288-7